



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



STEN ENGWALL

# Installationsgrund — ny systemlösning för småhus

R20: 1994

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129319



BYGGFORSKNINGSRÅDET

**R20:1994**

**INSTALLATIONSGRUND  
- NY SYSTEMLÖSNING FÖR SMÅHUS**

**Sten Engwall**

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 910941-2  
från Byggforskningsrådet till Utvecklingsbolaget TEEG, Märsta.**

## REFERAT

Rapporten beskriver hur man bygger småhus som ger ett både bättre och billigare boende. Den kan sägas vara ett svar på dels Byggforskningsrådets årsrapport 1982, som efterlyste en övergripande teknikutveckling inom byggbranschen och efterfrågade byggsystem som integrerar konstruktioner och VVS-teknik, och dels Hus & Hälsa-kampanjen som syftar till sundare bostäder.

Rapporten grundar sig på en genomgripande analys och utmynnar i ett helt nytt synsätt. Till skillnad från dagens småhusbyggnation, men i likhet med annan modern industri, börjar man med att utifrån en kravspecifikation först bestämma det övergripande systemet som ska optimera funktion och ekonomi och därefter att ange villkoren för de underliggande systemen.

De konkret föreslagna lösningarna, som är patentskyddade, verifieras genom praktisk tillämpning och erfarenhet från 10 stycken testhus samt utförda mätningar av SP. Arbetet som påbörjades av privatpersoner involverar nu tre tekniska högskolor och verksamheten som nyligen bolagiserats börjar nu med marknadsföringen av huvudprodukten IG-grunden, som är en integrerad klimatstyrd varm grund med installationer och luftrening i tre steg.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R19:1994

ISBN 91-540-5646-2

Byggforskningsrådet, Stockholm

**gotab** 11335, Stockholm 1994



# INNEHÅLL

<b>Förord</b>	<b>4</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>5</b>
<b>Projekthistorik</b>	<b>8</b>
<b>1. Inledning och bakgrund</b>	<b>10</b>
1.1 Terminologi och grundtyper genom tiderna	13
<b>2. Integrerad klimatstyrd varmgrund - Princip- utformning - Funktion</b>	<b>16</b>
2.1 Ventilation och värme	18
2.2 Luftrening	22
2.3 Ljud	23
2.4 Fukt	23
2.5 El, vatten och avlopp	24
2.6 Flexibilitet - tillgänglighet	26
2.7 Prefabricering	26
2.8 Utveckling av existerande produkter	28
2.9 Sammanfattning	29
<b>3. Provhus</b>	<b>29</b>
3.1 Beskrivning av konstruktion i grund och hus samt ventilation	30
3.2 Utförda mätningar	34
3.2.1 Täthet	34
3.2.2 Ventilation	36
3.2.3 Termiskt klimat	39
3.2.4 Fukt	42
3.2.5 Energiåtgång	43
3.2.6 Radon	45
3.2.7 Flyktiga organiska ämnen (VOC) samt formaldehyd	47
3.2.8 Slutsatser och fortsatt arbete	48
<b>4. Typgodkännande och Patent</b>	<b>48</b>
<b>Referenser</b>	<b>50</b>
<b>Bilagor</b>	<b>51</b>

## Förord

När ett område inte utvecklats under en längre tid finns risk för att tillståndet permanentas. Ingen tror att det går att utveckla, alltså intresserar man sig inte längre för det.

Om sedan en utveckling förutsätter att politiker måste fatta övergripande beslut så bedömer undertecknad att en snar utveckling blir än mer osannolik.

När vi får obehag som följd av braseldning i tätorter överväger politikerna förbud. Som tekniker angriper man i stället problemet genom att undanröja obehaget av cancerogena gaser. Den skorstenslösa braskaminen som släpper ut 30 graders varm rök finns idag.

Ett bra sätt att intressera omvärlden för utveckling är att påvisa att den först och främst är möjlig och sedan vad man kan tjäna på den.

Den här rapporten handlar i första hand om vad den enskilda människan kan vinna på en utveckling som ger ett sundare boende till en mycket lägre kostnad än vad som tidigare varit möjlig. I förlängningen har rapporten emellertid ett annat budskap.

*Vi i Sverige, som behöver nya arbetstillfällen, kan bli världsledande inom ett område som vi har många generationers anor att bygga på - att bygga hus men på ett helt nytt sätt med integrerade lösningar som det inte finns någon motsvarighet till i världen idag.*

Vi har byggt många "sjuka" hus. Många har blivit allergiker. Alla orsaker är inte klarlagda ännu men att vi har gjort misstag är det nog inga tvivel om. Nu kan vi emellertid byta något negativt till något positivt om vi bara skärper oss och de nödvändiga besluten tas av staten och näringslivet.

Denna rapport grundar sig på mätningar utförda i Testhus för IG-grund nr 2. Totalt har en provserie om 10 hus byggts med IG-grund. SP som har utfört mätningarna, har även givits tillfälle att läsa och kommentera denna rapport före publicering, vilket här har beaktats.

Rapporten har utarbetats med hjälp och stort stöd av tekn. lic. Carl Gösta Troedsson som jag härmed vill tacka.

Ett tack riktas även till de ca. 50 personer som på olika sätt medverkat till att TEEG kommit till och nu är en verksamhet som även engagerat höskoleväsendet på olika sätt.

Stockholm 1994

STEN ENGWALL

## Sammanfattning

Den integrerade klimatstyrda grunden står för ett nytänkande i fråga om integrering av byggnadens installationer och innebär stora möjligheter till enklare och effektivare produktionsmetoder, fördelar med hänsyn till drift och underhåll, flexibla planlösningar samt fördelaktig funktion. Målsättningen är att med den nya tekniken frambringe ett betydligt billigare och bättre boende.

I rapporten ges en övergripande presentation av den nya grundläggningsmetoden. Vidare redovisas resultat från mätningar utförda i ett provhus som uppförts enbart i syfte för att i praktiken prova och utvärdera tekniken.

Ny avancerad byggteknik som bygger på ett helhetstänkande med systemlösningar är nödvändig för att kostnaderna i boendet skall kunna sänkas. Utveckling av tekniskt avancerade byggsystem är samtidigt en förutsättning för öka vår internationella konkurrensförmåga.

Vid utveckling av ny byggteknik är det av största vikt att boendekvaliteten ställs i centrum. Eftersom vi idag tillbringar en stor del av vår tid inomhus måste vi sträva efter att utforma våra byggnader på så sätt att de verkligen kan rubriceras som "säkra" från hälsosynpunkt. Framförallt måste byggnaderna för våra barn göras så bra att ökningen av överkänslighet, allergier och andra besvär stoppas. Förutom de hälsoproblem och obehag för människor som de s.k. "sjuka husen" innebär, förorsakar dessa stora kostnader för samhället och kapitalförstöring i byggnaderna. En byggteknik som bidrar till att minska riskerna för uppkomsten av "sjuka hus" är därför fördelaktig både för samhället och de boende.

Den integrerade klimatstyrda varmgrunden är en grundläggningsmetod där grunden och byggnadens installationer (aggregat och ledningsdragning för ventilation, uppvärmning, el, vatten avlopp m.m.) är integrerade till en enhet. Grunden anläggs på i princip samma sätt som en ordinär varmgrund. Mellan mark, grundmur och golvbjälklag utförs ett slutet utrymme d.v.s utan öppningar mot utsidan. Utrymmet värmeisolerar och lufttätas mot marken och mot sidorna medan golvbjälklaget lämnas oisolerat. En viss del av grunden, (ca ett par m<sup>2</sup>), utförs med full ståhöjd och tillgänglighet från bostaden eller utifrån. I denna del placeras installationsaggregaten värmeväxlare, (värmepump), elcentral, varmvattenberedare mm. Grunden i övrigt ges en höjd av ca 600 mm.

Genom integreringen ges ventilationssystemet (FTX med värmeväxlare / värmepump) en helt ny lösning. Till värmeväxlaren (värmepump) tillförs uteluft. Värmeväxlaren värmer upp den kalla uteluften med den

energi som finns i frånluften (den förbrukade luften). Den uppvärmda luften förs ut i grunden och därifrån upp i bostadsutrymmet via en luftspalt som löper mellan golv och yttervägg runt hela huset. Den uppvärmda ventilationsluften medverkar till uppvärmning av boendevolymen. Den huvudsakliga uppvärmningen sker dock genom värmeavgivning från golvet. Den skämda luften samlas upp vid taknivå i bostadsutrymmet och förs via värmeväxlaren ut i det fria. Grunden fungerar således förutom som installationsutrymme även som tilluftskanal i byggnadens ventilationssystem.

Integrationen innebär att grunden med alla installationer byggtekniskt kan betraktas som en avskild del av byggnaden i övrigt, vilket ur produktionssynpunkt är mycket fördelaktigt. En möjlighet är att installationsaggregaten med tillhörande komponenter och heldragna ledningar i anpassade längder placeras i en s.k. driftmodul. Driftmodulen, som färdigställs på fabrik, utformas så att inkommande ledningar samt anslutande materialskit på ett enkelt sätt kan anslutas på byggarbetsplatsen. På plats i grunden skall komponenterna sedan endast behöva anslutas till boendedelen med ett "plugg in" förfarande.

Placeringen av installationerna i grunden samt i kombination med nya lösningar av elsystemet i boendedelen, innebär att ledningsdragning i bostadsdelens väggar, golv och tak (på vind) i det närmaste kan undvikas. Detta ger stor flexibilitet när det gäller förändring av planlösningen samt att en eventuell framtida utbyggnad förenklas. Med tekniken undviker man att ledningar byggs/gjuts in. I grunden är ledningar och aggregat förlagda i ett uppvärmt utrymme lätt åtkomliga och inspekterbara vilket underlättar för drift och underhåll. Grundens utformning gör det vidare möjligt att på ett enkelt sätt i efterhand komplettera med exempelvis centraldammsugare och annan ny teknik. Risken för omfattande och kostsamma skador i samband med vattenläckage kan genom grundens utformning minimeras.

Med den integrerade klimatstyrda varmgrunden finns goda förutsättningar för ett gott inomhusklimat. Grundläggningsmetoden ger varma golv. Tillförseln av varm luft vid sockeln medför att de ytor som är mest utsatt för temperaturförändringar värms upp. De mätningar som utförts visar på små temperaturskillnader mellan golv och tak, mycket låga lufthastigheter samt en hög luftutbyteseffektivitet.

Med en konvektor, placerad i grunden under spalten, finns även möjligheten att individuellt reglera temperaturen i olika utrymmen.

Filtrering av uteluften är i många fall nödvändig för att förhindra att besvärsframkallande luftföroreningar tillförs byggnaden. Filtreringen sker normalt i ett filter placerat i anslutning till värmeväxlaren. Som följd av hög lufthastighet genom filtret kan effektiv rening normalt vara svår att uppnå. Genom det extra filter som i den integrerade klimatstyrda

grunden är placerat i luftspalten vid sockeln, där lufthastigheten är låg, kan reningsgraden ökas. Även grunden kan sägas fungera som ett filter som följd av att luften i grunden i det närmaste står stilla varvid tyngre partiklar faller ner mot grundens botten.

Av de mätningar som utförts i det provhus som behandlas i denna rapport framgår att *huvudprincipen* för grundläggningsmetoden fungerar. Förutom det aktuella provhuset har idag ytterligare nio hus uppförts med grundläggningsmetoden, med gott resultat.

Den integrerade klimatstyrda grunden ingår som en del i ett större totalprojekt kallat TEEG (Teknik, Energi, Ekonomi från Grunden). Den övergripande målsättningen inom TEEG-projektet är att skapa ett bättre och betydligt billigare boende, vilket skall uppnås genom ett stort antal både små och stora förbättringar. Som exempel på pågående delprojekt inom TEEG kan nämnas utrymmesbesparande ventilerad toalett med helt separat spolanordning, utrymmesbesparande skjutdörrar av ny konstruktion med förenklat montage och låsbart beslag, handfat med integrerat och lättrensat vattenlås, energisnål och billig fönsterlösning, inbrottshinder för fönster samt en mycket enkel anordning för värmeåtervinning ur spillvatten.



## Historik

För ca elva år sedan såg den framlidne Lars Ekström - uppfinnare och tidningsskribent - visionen av en helt ny teknik inom byggsektorn. Den grundade sig på ett helhetstänkande av samma slag som inom bilindustrin, där teknik, funktion och alla delar skulle integreras optimalt. Målet var att åstadkomma en bra slutprodukt funktionsmässigt, designmässigt, ekonomiskt mm.

När Lars Ekström hastigt avled 1983 försökte jag fortsätta hans ansträngningar att bilda ett utvecklingsbolag med intressenter från större tillverkare inom underleverantörsleden. Syftet var att dessa skulle samlas med siktet inställt på nya byggkoncept på samma sätt som olika avdelningar inom ett bilföretag är engagerade i en helt ny bilmodells tillkomst.

HSB ställde först upp som värd i egenskap av landets största bostadsuppköpare och kunde i den rollen intressera flera företag att infinna sig till ett sammanträde som ägde rum för jämnt tio år sedan. De flesta insåg både behovet av ett utvecklingsbolag samt vilka möjligheter ett sådant skulle kunna ge den svenska byggsektorn. Nödvändigheten av en övergripande utveckling inom byggsektorn påtalas även av Byggforskningsrådet BFR, bl.a. i sin årsrapport från 1982. *"vår enda chans att hävda oss är med en hög teknisk utvecklingstakt där staten och företagen samarbetar för att utveckla avancerade byggsystem. Vi måste utveckla byggsystem som integrerar konstruktioner och VVS-teknik"*.

Av fullkomligt irrelevanta skäl fullföljdes aldrig planerna på bildandet av ett utvecklingsbolag.

Efter att på olika sätt ha stöttat Lars Ekströms ansträngningar och uppfinningar beslutade jag mig då för att på egen hand och med egna medel fullfölja hans verk. Successivt har ytterligare sju personer med olika specialiteter anslutit sig till projektet, som idag bär namnet TEEG Teknik, Energi, Ekonomi - från Grunden. Projektgruppen kallar sig Praktiska Rådet och arbetar utan några direkta bindningar till kommersiella företag. Till projektet har dock under projektets gång även knutits ett tiotal välkända industriföretag.

En helt ny grundläggningsteknik, som behandlas i denna rapport, är ett av flera exempel på de mycket konkreta resultat som arbetet inom TEEG-projektet lett till.

De nya produkter och konstruktionslösningar som tagits fram inom projektet kan dessutom demonstreras i full skala i de provhus som uppförts. Allt detta visar med tydlighet att en omfattande teknikutveckling inom byggandet fortfarande är möjlig.



I och med att det första pilothuset inom projektet stod klart 1991 har intresset för projektet ökat. BFR har följt projektet och satsat medel för att främja projektets påverkan av högskolan i Halmstads uppläggning av undervisningen och dess inriktning samt tillsammans med SBUF ställt medel till högskolans disposition för uppförande av ett testhus i princip identiskt med det som behandlas i denna rapport. BFR har vidare ställt medel till såväl KTH som LTH för medverkan i olika slag av utvärderingar. KTH avser bl.a. att utarbeta en modell för teknikvärdering av nya koncept och projektförslag i vilket TEEG-projektet skall ingå som pilotfall.

Synsättet och idéerna bakom TEEG-projektet har uppenbarligen nu så många olika instanser i samhället och andra berörda parter funnit så riktiga att dess potentiella möjligheter bör tillvaratas på ett bättre sätt än som enskilda personer har förutsättningar för. Närmast skulle någon form av fristående utvecklingsbolag bildas (delvis finansierat med statliga medel). I detta bolag skulle teknik- och produktidéer kunna ges chansen att förädlas till färdiga produkter. Till bolaget skulle innovatörer och utvecklingsinriktade företag kunna komma för att tampas med idéer, exploatera nya produkter, diskutera exportstrategier osv. Bolagets obundna ställning skulle ge större svängrum för okonventionella lösningar och djärva idéer. Bolaget skulle bli ett konkret exempel på hur uppfinnandet, enligt regeringens inställning, kan stödjas till gagn för hela samhället.

Det kan nämnas att författaren tidigare inte har arbetat inom byggsektorn utan utvecklat tekniker, kända för tredje man, inom andra områden. Byggsektorn anses ofta som trög när det gäller förändringar och nytänkande. Det kan därför vara lättare för en utomstående, med erfarenhet av teknikutveckling, att komma med nya idéer och tankegångar även inom det aktuella området.

## 1. Inledning och bakgrund

Det borde vara en självklarhet att man ska bygga bostäder med utgångspunkt efter vad folk vill ha. Framför all med tanke på att vi tillbringar ungefär 80% av våra liv inomhus. Man vill självklart ha hus utan mögel, radon, fukt mm. Vidare är hus som är flexibla och uppgraderbara önskvärda dvs det skall vara möjligt att på ett enkelt sätt förändra planlösningen och på så sätt anpassa boendet vartefter behoven förändras, samt att det skall finnas möjligheter till att i efterhand komplettera byggnaden med exempelvis centraldammsugare och öppen spis. Huset skall vara av hög kvalitet, ha hög komfort, låg energiförbrukning och framförallt skall huset vara billigt att äga.

Situationen idag är dock långt ifrån den önskvärda. Kostnaderna för boendet har under de senaste åren stigit mycket kraftigt bl.a. till följd av högre byggkostnader, högre räntekostnader mm. I och med att de statliga räntesubventionerna nu successivt tas bort kommer boendekostnaderna att öka ytterligare. I den enskildes ekonomi utgör boendekostnaderna normalt den största enskilda posten. De tidigare små marginalerna äts nu upp som följd av de ökade kostnaderna samt även till följd av den rådande ekonomiska situationen i landet. Resultatet av detta är att man tvingas att flytta till mindre lägenheter med trångboddhet som följd eller så har man inte råd att byta upp sig när familjen växer. Ägare till bostadsrätter tvingas skänka bort sin bostad för att kunna flytta. Bostadsrättsföreningar tvingas gå i konkurs. Antalet exekutiva auktioner på villor har ökat. Nyproduktionen har fallit kraftigt med stor utslagning i byggbranchen som följd.

Förutom höga boendekostnader är boendekvaliteten i många fall under all kritik. Dagens byggbestånd uppvisar både hälsorisker och missnöje med inomhusklimatet. Många människor klagar över trötthet, huvudvärk, hudirritationer, slemhinnebesvär, lukt etc. och sätter dessa symtom i samband med byggnaderna och deras installationer. Debatten handlar om radonhus, mögelhus, formaldehydhus, dagissjuka mm. Bakom problemen med luftkvaliteten ligger en lång rad samverkande faktorer.

Nuvarande lagar och regler som berör byggandet skapar tekniskt sätt förutsättningar för sunda hus. Problemet är att reglerna inte är tillräckliga för att garantera avsedd funktion i driftskedet. Inte heller kan de ersätta kunskap och ansvarstagande.

Ett steg som syftar till att förbättra inomhusklimatet är det beslut som tagits om att införa regler om obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystem (SFS 1991:1273).

Förändringarna inom bostadspolitik, byggnadsteknik, materialutveckling och energiteknik har varit snabba under de senaste decennierna. Yrkesrollerna i byggprocessen har förändrats. Projektörernas kontakt med det praktiska byggandet har minskat påtagligt. Det enkla förhållandet mellan byggherre och byggmästare har upplösts i många parter med sinsemellan oklara ansvarsrelationer. Förvaltningen har fått en allt större betydelse utan att kopplingen mellan byggande och förvaltning nämnvärt förstärkts.

Byggande och byggnadsförvaltning berör ett stort antal kunskapsfält, aktörer och yrkesgrupper. Flera av verksamhetsleden i byggprocessen har en utpräglad professionell karaktär i den meningen att de utförs av en bestämd yrkesgrupp. Som process blir byggandet därmed ett slags stafettlopp, där varje skede överlämnar sin produkt - en gradvis framväxande byggnadsfunktion - till nästa led. Samordning och överblick blir därmed en svår uppgift. Inte minst har studier om sjuka hus placerat den samlade bygg- och förvaltningsprocessen i fokus. Detta eftersom orsakerna inte kan hänföras till något speciellt skede utan framstår som en samverkans effekt av planering, projektering, byggande, injustering, överlämnande samt drift och underhåll.

För att fungera är det av avgörande betydelse att byggnaden i sin helhet ses som ett system, där de olika delarna samverkar. Detta förutsätter att alla parter som är inblandade i projekteringen samverkar. Ett ensidigt hävdande av den egna yrkesgruppens intressen kan leda till mycket olämpliga lösningar. Totalkostnaden kan öka, drift och underhåll försvåras och byggnadens driftskostnad stiger.

*Vad som nu behövs är utveckling och helt nya grepp som omfattar hela byggprocessen. Vi måste nu bygga efter ett helhetstänkande med systemlösningar, där sedan varje detalj optimeras funktionellt, tekniskt och ekonomiskt. Tendensen att se det moderna byggandet som en hopfogning av fristående delar måste brytas.*

Om man skall produktutveckla så är det en fördel att börja med det som är lättast att utveckla, i detta fall småhus. I praktiken skräddarsys småhusen och tillverkas i korta serier, vilket i sig är fördömande ekonomiskt sett.

Det slags byggande, som skulle kunna få de långa seriernas ekonomi, görs mest olika i sådana avseenden som kostar pengar. Om man bygger i långa serier så betyder inte det att husen behöver bli kommunistiskt lika. Variationerna görs som när det gäller bilar så att de motsvarar individuella behov och önskemål utan inverkan på grundkonceptets ekonomi.

Vårt lands välstånd bygger på produktion av varor och tjänster. För de produkter vi inte kan frambringa inom landet måste vi betala med

export. Det är rimligt att tro att allt fler produkter av låg teknisk nivå inte längre kommer att vara lönsamma att producera inom landet. För att kompensera för detta måste vi framöver öka vår export med produkter och kunskande som vi har bättre förutsättningar att skapa än alla de länder vi skall exportera till. Vi kan t.ex. inte konkurrera med att leverera produkter såsom husblock eftersom de har en för låg teknisk nivå.

Däremot kan vi konkurrera med byggteknik som är kombinerad med sättet att utnyttja produkten så att slutresultatet blir tekniskt/ekonomiskt överlägset. Detta förutsätter avancerade lönsamma lösningar med immateriellt skydd, såsom patent, know how etc. I kraft av patentskydd för en systemlösning får man automatiskt leveransk kontroll på hela husets alla komponenter trots avsaknad av särskilda patent på hårdvaran.

Småhus som byggs på Volvo-vis efter optimerade koncept och säljs enligt IKEA-modellen dvs med färre mellanhänder i alla led och långa serier, skulle kunna ge Sverige en ny, mycket stor industri och husägarna halverade boendekostnader.

Den nya grundläggningsteknik vilken beskrivs i det följande ingår som en viktig del i ett totalprojektet kallat TEEG (Teknik Energi Ekonomi från grunden). Den övergripande målsättningen inom TEEG-projektet är att utveckla ett väsentligt bättre och billigare boende till högst halva den aktuella produktions- och driftskostnaden. Teknikutvecklingen inom projektet har utgått från ett helhetstänkande i byggnationsprocessen. Som följd av den bristande samordningen av husets olika system i den traditionella byggprocessen, har TEEG-projektet hittills främst fokuserats på utvecklingen av dessa, dvs till stor del ledningssystemen i ett hus. Detta har lett till mycket konkreta resultat, som bl.a. visar att om olika delbrancher anpassar sig till helhetslösningar är det möjligt att drastiskt få ned bygg- och boendekostnaderna.

Utvecklingen av den integrerade klimatstyrda varmgrund har pågått under flera år och pågår fortfarande. I denna rapport redovisas resultat från mätningar utförda i ett provhus vilket byggts med den nya tekniken. Syftet och målsättningen med de utförda undersökningarna har varit att kontrollera *grundens och byggnadens väsentliga egenskaper och funktioner* (ventilation, lufttäthet, fukt mm) för att utgående från resultaten kunna se hur tekniken fungerar samt vilka förbättringar och åtgärder som erfordras för att vidareutveckla tekniken.

Inledningsvis ges en beskrivning av principutformning och funktion hos en integrerad klimatstyrd varmgrund samt möjligheter med denna teknik. Därefter redovisas resultat från mätningar utförda i det för provnings- och demonstrationsändamål uppförda provhuset.

## 1.1 Terminologi och grundtyper genom tiderna

Om man skall kommunicera utan risk för missförstånd är det nödvändigt med en terminologi som är entydig. Inom byggsektorn finns sådan inom vissa områden medan andra saknar detta.

Inom bl. a. fläktområdet har man enats om en entydig terminologi vilket underlättar och undanröjer missförstånd. Någon motsvarande terminologi för grunder finns inte, vilket vore önskvärt.

Man talar t.ex. om krypgrunder och torpargrunder. För den oinvidde kan det vara svårt att förstå varför inte en torpargrund kan vara en krypgrund.

Enligt uppgift kommer Byggforskningsrådet att ge ut en skrift som behandlar terminologi med avseende på grunder, vilket författaren ser fram emot med tacksamhet.

En fråga blir då vad den grund som behandlas i denna rapport skall få för beteckning för att klargöra den stora skillnaden mellan den och alla övriga eftersom den fyller så helt annorlunda funktioner. I brist på närmare utredning härom kallas grunden för *integrerad klimatstyrd varmgrund*.

Mycket länge placerades huset helt enkelt på en enkel rad av grundstenar och innergolvet lades direkt på marken med syllar under. Några påtagliga fuktproblem uppstod inte men golven blev inte varmare än marken.

Så småningom övergick man till s k torpargrund. Torpargrund rätt utförd fungerar väl, men anledningen till att man frångår torpargrund är att man förlorar för mycket energi och ofta fungerar inte torpargrunden när man isolerar bjälklaget för mycket eller inte längre har någon skorstensstock som leder ner värme till grunden eller om man har för kraftig ventilation eller en för stor bygghöjd över marken. **Hela principen bygger nämligen på att grunden skall ha en högre temperatur än omgivningen.**

Källaren var i början mer eller mindre en förutsättning för självcirkulerande vatten från värmepanna till radiatorer. Källaren gav också utrymme för matförvaring och plats för att lagra rotfrukter etc. När bilen blev vanlig fanns det även plats för garage i källaren.

Sedan minskade behovet för den relativt dyra källaren i samband med att kylskåpet kom, pump installerades för att klara cirkulationsproblemet och att man insåg att bilen mår minst lika bra av



att stå i garage på mark där man även får ett billigare förråd än i källare. Platta på mark blev då, omväxlande med torpargrund, det vanliga grundläggningsförfarandet. Huset fick åter låg sockel.

Platta på mark har lett till problem. Undertryck i bostaden, radon som tränger upp från marken och kan tränga igenom betongplattan och kapillärkraften som gör plattan fuktig etc.

Platta på mark kräver olika grad av noggrannhet i utförandet beroende på markförhållanden för att undvika framtida problem i form av fukt och mögel. ROT-sektorn har också avskräckt många från ett grundläggningsförfarande som innebär att man gjuter in ledningar eller på annat sätt gör dem svåråtkomliga vid reparationer, om- och tillbyggnader. Man kan utgå ifrån att försäkringsbolagen kommer att missgynna byggsätt som försvårar för framtida reparationer.

Vissa experter dömer ut krypgrund (se Ingmar Samuelssons "I sanningens minut") och andra platta på mark, vilket pekar på att något bra och alltid säkert grundläggningsförfarande egentligen inte existerat.



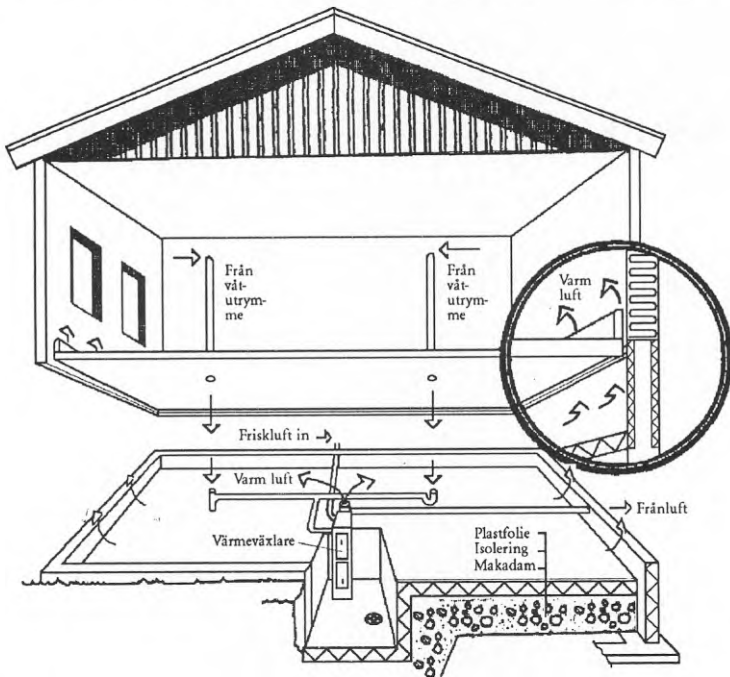
Nedan visas en översikt över utvecklingen av olika grundtyper från 1890 - 1990. I avsaknad av officiellt statistiskt underlag så grundas översikten på en enkät ställd till husfabrikanter och andra i byggbranschen.

Som framgår av översikten så har det skett en pendling mellan olika grundläggningssätt. Det har rått en stor osäkerhet vid val av grundläggning. detta är en av anledningarna till teknikutvecklingen inom TEEG och som lett fram till den nya grundläggningstypen.

PERIOD	TORPAR-GRUND	KÄLLARE	PLATTA PÅ MARK	ANDRA GRUNDER
1890-1920 (30 år)	> 50 %	< 50%		
1920-1960 (40 år)	50%	45%	5%	
1960-1970 (10 år)	25%	10%	60%	5%
1970-1980 (10 år)	20%	5%	55%	20%
konsekvenser och utveckling	På grund av energibesparingskrav isoleras golvbjälklaget etc. Torpargrund en som förutsätter att vara varmare än omgivningen uppfyller inte detta villkor längre.	Funktionellt inte nödvändig och dyr.	Ger ofta problem, förses numera ofta med golvvärme med inbyggda ledningar för att öka komforten. Detta är dock en dyr lösning för att minska risk för fukt och andra problem.	Bl.a grunder som värms upp med frånluft som ofta innehåller fukt och i vissa fall kan ge upphov till problem.

## 2. Integrerad klimatstyrd varmgrund - Principutformning - Funktion

Den integrerade klimatstyrda varmgrunden är en helt ny grundläggningsmetod och skall ses som ett alternativ till de vanliga förekommande grundläggningstyperna platta på mark och kryprumsgrund. Den integrerade klimatstyrda varmgrunden påminner i *utförande* till vissa delar om en varmgrund. (Varmgrund är den benämning som normalt används för en grundläggningsmetod där grunden ventileras med varm inneluft som trycks ner i grunden innan den förs bort från huset). *Funktionen* hos den integrerade klimatstyrda varmgrunden, i fortsättningen benämnd IG-grund, är dock en helt annan. Principen för utförandet av IG-grunden framgår av figur 1.

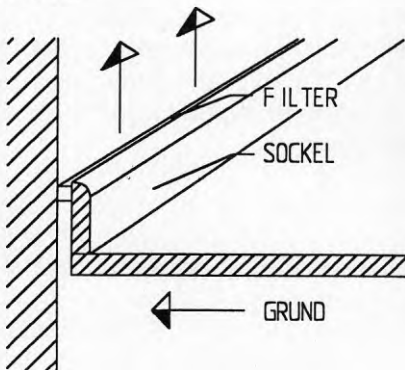


Figur 1. Principutformning av IG-grund i en-plans småhus med FTX-system och värmeväxlare.

IG-grunden är helt sluten och värmeisolerad nedåt och mot sidorna. Ovanpå isoleringen ligger en plastfolie. Plastfolien, som ansluts mot ytterväggen, skall förhindra luftläckage. Lufttäteten är viktig för att förhindra luftläckage ut från grunden medförande energiförluster samt för att förhindra markluft från att läcka in med risk för radon. Plastfolien utgör även ett skydd mot fuktdiffusion från marken.

Utrymmet mellan golvbjälklaget och marken ges en höjd av ca 600 mm. En viss del (ett par m<sup>2</sup>) utformas med full ståhöjd och tillgänglighet från bostaden eller utifrån. Denna försänkta del fungerar som serviceutrymme. Här placeras installationsaggregaten (värmeväxlare, värmepump, varmvattenberedare gruppcentral mm ). Alternativt placeras aggregaten på grundens lågdel i direkt anslutning till den försänkta delen. Den försänkta delen förses även med en brunn som ansluts till dräneringen. För att vatten, som vid exempelvis ett läckage, skall kunna ledas till brunnen utformas grundens lågdel i lutning mot den försänkta delen.

Till värmeväxlare tillförs uteluft. Värmeväxlaren värmer upp den kalla uteluften med den energi som finns i frånluften (den förbrukade luften). Efter att ha passerat ett filter, placerat i anslutning till värmeväxlaren, förs den uppvärmda luften (tilluft) ut i grunden. Erforderlig tilläggsuppvärmning av luften kan t.ex. ges av en enkel kanalvärmare kopplad till värmeväxlarens element. Genom det övertryck som skapas i grunden av värmeväxlarens fläkt samt som följd av att varm luft stiger, förs luften upp i bostadsutrymmet. Detta sker via en luftspalt (ca 15 mm) som löper mellan golv och yttervägg runt hela huset. I spalten passerar luften ett andra filter. Spalten täcks mot bostadsytan med en traditionell golvsockel, se figur 2. Den skämda luften samlas upp vid taknivå, vanligen i våtutrymmen, i bostadsutrymmet och förs via rensningsbara vertikala kanaler till värmeväxlaren och därefter åter ut i det fria.



Figur 2. Anslutning yttervägg - golv- bjälklag.

*IG-grundens utformning och användning innebär således att grunden har fått en helt annan roll i byggnaden. Den utgör inte enbart ett fundament att ställa byggnaden på utan en viktig och integrerad del i husets drift och funktion.*

## 2.1 Ventilation och värme

IG-grunden är resultatet av ett utvecklingsarbete med syfte att i första hand förbättra den i det traditionella byggandet bristande samordningen av husets olika ledningssystem. En viktig del i detta arbete har varit att förenkla utformningen och förbättra funktionen hos ventilations-systemet.

En väl fungerande ventilation är av avgörande betydelse för en byggnads funktion. Ventilationens uppgift är att föra bort föroreningar från människor, maskiner, byggnadsmaterial och inredningar samt även värme och fukt, och ersätta den förorenade luften med ny frisk luft. Luften kan även utnyttjas som bärare av den värme som erfordras för uppvärmning av byggnaden (luftvärmesystem).

Brister i ventilationen och ventilationssystemets utformning och funktion kan medföra stora problem. Vid en för låg luftväxling i förhållande till föroreningsgraden finns det en risk för att huset blir "sjukt" dvs att människorna som vistas i det drabbas av sjukdom eller hälsoproblem. En för hög luftväxling kan medföra obehag i form av drag och leder till hög energianvändning. Okontrollerad luftläckning minskar möjligheterna till värmeåtervinning ur ventilationsluften, ökar energiåtgången samt medför att risken för fuktskador blir större.

Den enklaste formen av ventilationssystem är självdragsventilation, S-system. Vid denna typ utnyttjas dels temperaturdifferensen mellan ute och innelufts temperatur samt de tryckskillnader som uppstår genom vindens inverkan, som drivkraft för luftväxlingen. I hus där frånluftskanalen ligger i murstocken och där uppvärmningen av huset görs med olja, ved etc. bidrar den högre temperaturen i kanalen jämfört med inne till att öka den termiska drivkraften.

Den enklaste formen av fläktventilation kallas typ F. I detta system tillförs luften på i princip samma sätt som vid självdragsventilation dvs genom den placerade i eller invid fönsterkarmen, medan utsuget sker med hjälp av en fläkt. I ventilationssystem av typ FT används en fläkt även för tilluften. FT-system medför bl.a. möjligheter till förbehandling av luften i form av förvärmning, kylning, befuktning och filtrering samt ger även större möjligheter till dragfri lufttillförsel. FT-systemet har därför sedan länge använts i allmänna lokaler.

Om FT-systemet förses med återvinningsaggregat för att spara energi talar man om FTX-system. Mycket talar för att denna typ i framtiden kommer att bli allt vanligare i bostadsbyggandet. Detta för att klara de hårdare krav på begränsning av energiförlusterna som anges i Boverkets nybyggnadsregler, NR.

Enligt NR skall *anordningar finnas till en omfattning som minskar byggnadens behov av värmeenergi med ett belopp motsvarande lägst 50% av skillnaden i energiinnehåll mellan frånluften och uteluften vid normenlig luftväxling under perioder med uppvärmningsbehov, om skillnaden i energi-innehåll överstiger 2 MWh/år.* I ett allmänt råd anges i NR att kraven på begränsning av energiförlusterna i bostäder kan uppfyllas om luftbehandlingsinstallationerna förses med lämpligt dimensionerad värmeväxlare eller värmepump.

Med en värmeväxlare kan vanligen endast energi överföras från frånluften till tilluften medan en värmepump även kan ta tillvara energin ur förbrukat vatten. Värmeväxlaren innehåller mindre dyrbar mekanisk apparatur oftast endast bestående av två fläktar samt eventuell mekanisk ventilanordning medan värmepumpen är betydligt mer komplicerad. Priskillnaden är normalt betydande. Värmepumpsanläggningar förläggs vanligen inom boendevolymen. För att dessa skall ta liten plats utförs konstruktionerna mycket kompakta och blir därigenom svåra och dyra att reparera. Krav på ytfinish blir en följd av aggregatets placering.

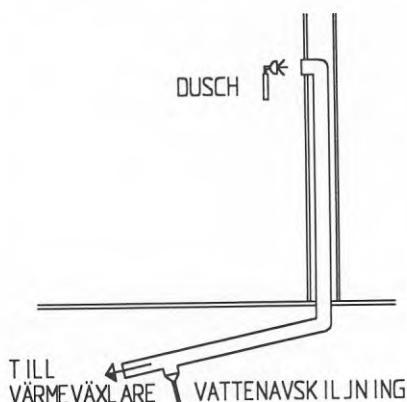
Ventilationssystem av typ FTX med värmeväxlare förläggs ofta uppe i vindsutrymmet, dvs. i ett ouppvämt utrymme. Vid värmepumpsinstallation förläggs ofta ledningsdragningen i vindsutrymmet. För att undvika värmeförluster samt problem med kondens måste värmeväxlaren samt de delar av ledningssystemet som är förlagt på vinden isoleras. När det gäller service och underhåll av systemet är placeringen på vinden ofta ofördelaktig. Framförallt gäller det vid rensning av långa horisontella kanaler.

Genom att i stället för den konventionella placeringen på vinden placera den utrustning som behövs för ventilation och uppvärmning i grunden, så som görs i IG-grunden, erhålls en rad fördelar.

Kanaldragningens omfattning minskar och förenklas. Antalet genomföringar genom klimatskalet av ledningsdragnings för ventilation och el reduceras. Detta bidrar till att minska risken för otätheter och därmed oönskad luftläckning med energiförluster och risk för kondensproblem som följd. Den tilläggsisolering av kanalerna som vid förläggning på vinden är nödvändig för att undvika värmeförluster och kondensproblem erfordras inte eftersom all kanaldragnings nu sker inom klimatskalet. Den värme som utvecklas vid drivning av de olika aggregaten kan dessutom tillgodogöras. Problemen med svårrensade horisontella kanaler på vinden är borta. De frånluftskanaler som erfordras med IG-grund är vertikala och kan enkelt rengöras t.ex. genom spolning med vatten, se figur 3.



I hus med IG-grund sker den huvudsakliga uppvärmningen av boendevolymen genom värmeavgivning från golven. Temperaturen i grunden sätts något högre än den temperatur som önskas i boendevolymen. Den energi som tillförs boendevolymen med ventilationsluften utgör endast en mindre del. Med IG-grund undviks därför de problem som förknippas med rena luftvärmesystem. Med rena luftvärmesystem avses system där ventilationsluften utnyttjas som bärare av *all* den energi som erfordras för att hålla erforderlig inomhustemperatur.



Figur 3. Rengöring av frånluftskanal

Dagens luftvärmesystem har i vissa fall fått utstå kritik för bl.a. sättet att tillföra den varma tilluften. Ofta uppstår dålig omblandning av luften vid höga inblåsningstemperaturer eftersom den oftast har tillförts via tilluftsdon med bakkantsinblåsning nära eller i tak vid hjärtvägg. Bland annat kan det vid kalla golv vara svårt att byta ut den luft som finns i en zon nära golvet. Då tilluftskanalens area i hus med IG-grund är större än ett normalt tilluftsdon kan lufthastigheten hållas låg vilket undanröjer riskerna för besvärande drag.

Den stora arean och dess utbredning i rummet samt att golven är varma bidrar även till en hög luftutbyteseffektivitet och jämn temperaturfördelning (se mätresultat). Luftutbyteseffektiviteten är ett mått på ventilationssystemets verkningsgrad, dvs hur väl systemet kan ventilerar boendetrymen i sin helhet. Om vissa utrymmen eller delar av rum blir sämre ventilerade ger detta ett lägre tal på ventilationseffektiviteten. Ventilationseffektiviteten är ett mått på hur snabbt en förorening transporteras bort.

Tillförseln av varm luft vid sockeln är fördelaktig eftersom luften då följer den yta av byggnaden som är mest utsatt för temperaturförändringar. Ytterväggarna blir uppvärmda vilket är gynnsamt för komforten eftersom den riktade operativa temperaturen



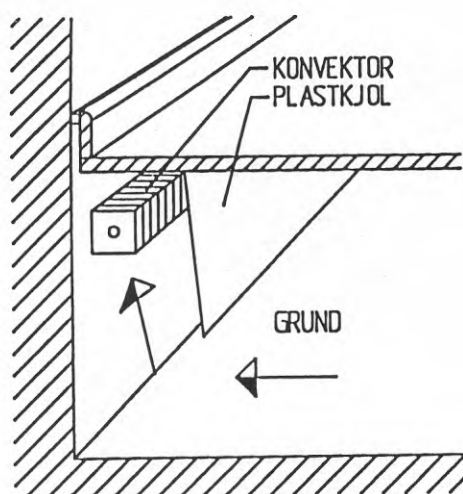
höjs (den samlade inverkan av luftens och de omgivande ytornas temperaturer). Den varma luften motverkar kallras samt medför att problemen med kalla golvparter vid hörn och längs ytterväggen som följd av köldbryggor i anslutningen mellan golv och vägg undviks. Dessutom blir den s.k. temperatureffektiviteten bättre dvs lägre temperaturskillnad mellan golv och tak.

Genom att luftströmmen från grunden med lätthet kan styras till ställen där uppvärmningsanordningar annars måste installeras separat kan t.ex. torkanordning för badrums- och kökshandukar lätt åstadkommas liksom uppvärmning av yttertröskel där snö och slask kan samlas.

Ett annat problem med luftburen värme är att uppvärmningen av den ventilationsluft som tillförs rummen vanligen sker centralt i ett värmebatteri. Individuell reglering av lufttemperaturen efter behovet i de olika utrymmena kan då inte ske. Med IG-grund finns möjligheter till viss reglering. Detta åstadkoms genom att konvektorer monteras i grunden utmed yttermuren och under spalten. Konvektorn är således inte synlig i rummet (se fig 4). Man har här möjligheter att använda både elektriska och vattenburna system. Värmen på den tillförda luften kan t.ex. regleras med en regleranordning placerad vid spaltens ovansida.

Extra konvektorer är ett alternativ som medför en förbättrad komfort i jämförelse med det enklaste fallet då luften värms centralt i grunden. Denna komforthöjande åtgärd är möjlig att komplettera byggnaden med i efterhand.

Uppvärmningen av utrymmet i grunden medför att man får varma golv. Golvets ytemperatur är betydelsefull eftersom golvet är den enda av rummets ytor som vi ofta är i kontakt med. Även om kroppens värmebalans endast försumbart påverkas av kalla golv så har golvtemperaturen en stor lokal inverkan på fötterna. Kalla golv liksom allt för varma golv upplevs obehagliga. Vanligtvis har uppvärmning av golv skett genom att värmeslingor av något slag lagts in i golvet. Mest förekommande är plastslingsor som vanligtvis gjuts in i betonggolv. Även elslingsor förekommer. Båda dessa system medför att ledningar blir oåtkomliga för reparationer och utbyten. De kan även vara i vägen vid om och tillbyggnad. Uppstår läckage blir konsekvenserna besvärande. Ett problem vid varma golv kan vara ojämn temperatur. Om kraftig kyla råder utomhus kan man, vid ovannämnda typer av golv, tvingas att värma golven alltför högt.



Figur 4. Konvektor och plastkjol monterad under spalt

Med konvektorer placerade under spalten, enligt tidigare, samt genom att en enkel plastkjol monteras utmed grunden, se figur 4, finns med IG-grund en möjlighet att hålla golvet temperatur konstant dvs golvet temperatur behöver inte regleras för att kompensera för varierande utetemperatur. Erforderlig innetemperatur erhålls istället genom reglering av konvektorerna. Med denna teknik erhålls dels ett trögt uppvärmningssystem (golvet) och dels ett snabbt (konvektorer). Det snabba systemet ger möjlighet till behovsanpassad reglering av rumstemperaturen. Genom t.ex. en koppling till ytterdörrens lås skulle man automatiskt kunna slå av elementen när man lämnar byggnaden. Det bör nämnas att denna teknik ännu inte är utprovad i sin helhet.

## 2.2 Luftrening

Filtrering av uteluften är i många fall nödvändig för att förhindra att besvärsframkallande luftföroreningar tillförs byggnaden. Ren tilluft innebär vidare att såväl ventilationssystem som lokaler förblir renare. Detta har en allmän betydelse från hälso- och trivselsynpunkt men framförallt ekonomiskt, genom att kanalrensning och städning kan hållas på en lägre nivå. För att upprätthålla funktionen hos ventilationssystemet är det mycket viktigt att filtren sköts. I många av de "sjuka" husen har det visat sig att bristfällig eller ingen skötsel av filtren bidragit till problemen.

Filtret, som skall rena tilluften, är vanligtvis placerat i anslutning till värmeväxlaren. Placeringen innebär att filtreringen sker vid en lufthastighet som är så hög att effektiv rening normalt inte kan uppnås. I IG-grunden är ett extra filter placerat i spalten mellan golv och yttervägg, se figur 2. Som följd av filtrets stora area blir lufthastigheten genom filtret låg vilket möjliggör en effektiv rening av luften. Filtrets placering innebär samtidigt att kontroll av filtrets nedsmutsning och eventuellt byte eller rengöring enkelt kan utföras.

Även grunden kan sägas fungera som ett filter. Detta eftersom luften i grunden i det närmaste står still efter att ha passerat filtret i värmeväxlaren, varvid tyngre partiklar faller ned mot plastfolien i grundens botten. För att kunna ta hand om den smuts som samlas i grundutrymmet måste grunden kunna saneras. Praktiska försök visar bl.a. att sanering med vatten är möjlig. Den mängd smuts som samlas på plasten hade normalt hamnat i bostaden, på golv, mattor och möbler.

### 2.3 Ljud

Luftljud som härrör från don i ventilationssystemet samt ljud från ventilationsaggregat kan i många fall upplevas som mycket irriterande. I hus med IG-grund kan tilluften tillföras helt ljudlöst som följd av de låga lufthastigheter som erfordras. Ljud från värmeväxlaren kan dock förmedlas via luftspalten till rummen. I det provhus som behandlas i denna skrift kan, utan ljudfällor, ett svagare ljud uppfattas. Med ljudfällor på till- och frånluften kan rent subjektivt påstås att fläktljudet inte hörs.

Det har i hus med IG-grund och golvbjälklag av trä funnits farhågor för oönskade ljudeffekter vid gång på golvet. Några sådana olägenheter har emellertid inte kunnat noteras.

### 2.4 Fukt

Principen för all grundläggning är att den skall spärra transport av markfukt upp i huset och att grunden i sig själv inte skall skadas av diffunderande markfukt. Fukt har negativa effekter på såväl byggnaden som inomhusklimatet. Konstruktioner kan få sämre stabilitet och beständighet genom röta och korrosion. Energibalansen försämras, eftersom det går åt värme när vattnet avdunstar. Tillväxt av svampar och kvalster gynnas av kombinationen värme och fukt. Kostnaderna för att åtgärda en fuktskada är ofta mycket höga. Framförallt har grundkonstruktioner som platta på mark med ovanliggande isolering och uteluftsventilerade kryprum drabbats av fukt och mögelproblem.

I IG-grunden förhindras kapillärsugning av dräneringslagret och av värmeisoleringen vilka fungerar som kapillärbrytande skikt. Ovanpå isoleringen ligger en plastfolie som används för lufttätning. Plastfolien fungerar även som en effektiv fuktspärr och förhindrar fuktdiffusion från marken. Utrymmet i grunden är uppvärmt vilket är gynnsamt ur fuktsynpunkt eftersom den relativa fuktigheten  $RF$  - förhållandet mellan luftens innehåll av vattenånga och den mängd vattenånga som luften maximalt kan innehålla (temperaturberoende) - då hålls nere. Dessutom är grunden ventilerad med *uteluft* (inte fuktig ineluft) vilket ytterligare minskar riskerna för höga fukthalter i grunden. Under

normala förhållanden (då byggfukten har avgått och fukt inte tillförs som följd av vattenläckage, avsiktlig befuktning etc.) bestäms den relativa fuktigheten i grunden i princip av uteluftens ånghalt. Risken för problem vid eventuellt luftläckage ut från grunden, som följd av högre tryck i grunden i förhållande till uteluften, är därför liten.

En mycket stor del av de vattenskador som uppstår i småhus beror på fel och brister i byggnadens VVS-system. IG-grundens utformning bidrar till att minska riskerna för fuktskador som följd av läckage i bostaden eller grunden. Vatten som tränger ner genom golvbjälklaget eller vid spalten mellan golv och vägg hamnar på plastfolien. Praktiska försök visar att mindre mängder vatten, som hamnar på plastfolien, snabbt torkar upp. Vid läckage som genererar stora vattenmängder kan vattnet ledas till den golvbrunn som är placerad på lägsta punkt i grunden.

Med IG-grund riskerar man inte att vatten blir instängt i konstruktionen. Material som fuktas upp har, genom att grunden är ventilerad, goda möjligheter att torka ut. En byggteknik som minskar riskerna för vattenskador torde ligga i försäkringsbolagens intresse. Det måste dock till stimuli i form av sänkta premier för att öka användningen av sådan teknik.

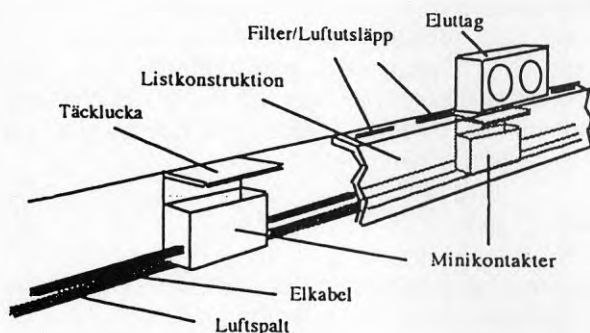
## 2.5 El, vatten och avlopp

Förutom placeringen av aggregaten för husets uppvärmning och ventilation är installationsgrunden fördelaktig för placering av all övrig teknisk utrustning som behövs för husets drift. Det gäller exempelvis varmvattenberedare, cirkulationspump, ledningar för vatten, avlopp och el.

Efterhand som bostäder innehåller allt fler vattenanslutningar har avloppssystemet fått ett ökat antal detaljer bestående av krökar, övergångar mellan olika dimensioner med en mängd variationer för framkomlighetens skull. När bostäderna blir mindre blir även de obrutna längderna kortare vilket leder till att en komplett installation innehåller ett mycket stort antal detaljer. Vid alla övergångar, skarvar används dyra O-ringar vilka utgör potentiella läckagerisker. Någon gång blir det mer ekonomiskt att ha separata ledningar från ett vattenuttag ända fram till en uppsamling från flera andra heldragna ledningar. En fördel är givetvis om ledningsdragningen kan ske i böjbara d:o. Vid en sådan lösning kan i vissa fall såsom för renare slag av gråvatten själva ledningen utgöra vattenlås. Uponor har tagit fram en lösning av beskrivet slag som då passar särskilt bra i IG-grunden där allt blir inspekterbart. I det provhus som uppförts skulle en traditionell avloppsinstallation ha krävt 117 st detaljer av 17 olika slag. Med den nya av Uponor färdigutvecklade lösningen krävdes mindre än 10 st

detaljer. Förutom att den nya lösningen medför ett betydligt enklare montage ger skilda ledningar för avlopp från toaletter, disk och tvättmaskin etc. en biologiskt riktig lösning för enskilda reningsverk. Även ledningar för varm- och kallvatten dras heldragna från varmvattenberedare och vattenuttag, placerade i grunden, till respektive tappställe.

Med IG-grunden ges nya möjligheter för kabelförläggning i byggnaden genom den goda åtkomligheten mellan våningar och rum som åstadkoms i och med luftspalten. FLEX Innovation har i samarbete med ENSTO Idealplast utvecklat en specialanpassad och patentsökt lösning för TEEG som eliminerar behovet av VP-rördragning i väggarna. Huvudcentralen för elinstallationen placeras i grunden.



Figur 5. Elinstallation i sockellist. Specialanpassad lösning utvecklad av FLEX Innovation och ENSTO Idealplast.

Huvudcentralen är nyutvecklad och försedd med honkontakter som gör att man snabbt kan ansluta alla husets elgrupper när el-installationen är utförd. I varje rum installeras speciella "minikontakter", petskyddade honkontakter, som fästs i väggen nere vid golvet med någon meters mellanrum. Mellan dessa ansluts en elkabel som slutligen förläggs genom spalten ner i grunden. I änden av kabeln fästs en hankontakt för att möjliggöra anslutningen till honkontakterna i huvudcentralen. I boendeytan täcks systemet av en listkonstruktion och i grunden klamras kabeln fram till huvudcentralen, se figur 5. Efter ovanstående installation kan de boende med ett enkelt handgrepp själva ansluta eluttag, som är speciellt anpassade för ändamålet, till önskat antal "minikontakter". Vidare kan de boende själva förlägga tele, högtalar- och TV-kablar efter behov i ett speciellt fack i listkonstruktionen. All elförsörjning till maskinutrustning och annan mer fast apparatur såsom kyl, frys och tvättmaskin löses genom kabelförläggning genom spalten i



grunden. Anslutningskabeln till maskinerna förses med en passande hankontakt som i grunden ansluts direkt till huvudcentralen. Belysningen löses genom att man utgår från de ovan nämnda rumsinstallationerna. Kablar kopplas till de minikontaktslingor som finns vid golvet och dras upp till takhöjd varvid dörrfoder eller dylikt utnyttjas.

Ellösningen är upplagd som ett modulsystem. Utöver det tidigare nämnda grundsystemet erbjuds möjlighet att snabbt och enkelt komplettera installationen med mer avancerad teknik för exempelvis intelligent styrning av maskiner, belysning och eluttag i huset.

Förutom att den nya ellösningen erbjuder en betydligt större flexibilitet till en kostnad jämförbar med en traditionell elinstallation, för det nya elsystemet med sig en enklare installation samt ekonomiska och tidsmässiga vinster för hela husbyggnationen. Eftersom lösningen eliminerar behovet av rördragning i väggar kan huset byggas helt färdigt i alla andra avseenden före det att elinstallatören kommer och utför sitt arbete. I och med att rördragning i väggarna inte behövs skapas vidare stora möjligheter att prefabricera helt färdiga väggelement. Till ett standardiserat hus kan elinstallationen levereras fabriksmonterad i passande enheter, vilket ytterligare kan sänka kostnaden samt öka installationshastigheten.

## **2.6 Flexibilitet - tillgänglighet**

I IG-grunden är alla installationer placerade i en uppvärmd och torr miljö, vilket är fördelaktigt för komponenternas livslängd. Installationerna är samtidigt lätt tillgängliga och samlade vilket förenklar för kontroll, service och underhåll. Tillgängligheten innebär vidare att komplettering och förändring av komponenter och ledningsdragning enkelt kan utföras. Genom att ledningsdragning i byggnadens väggar och tak till stor del kan undvikas utgör installationerna inte heller något hinder vid förändring av planlösningen eller vid en tillbyggnad. Grundläggningstekniken medför således även en betydande flexibilitet, till gagn för brukaren.

## **2.7 Prefabricering**

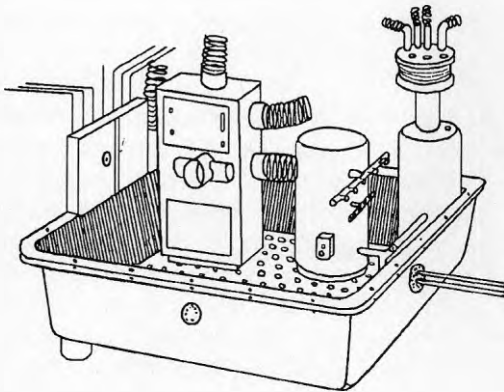
I vårt land har vi sedan länge haft en prefabriceringsindustri inom byggsektorn. Skälen härför är givetvis att få ned byggkostnaderna. Vissa arbetsmoment kan göras billigare och med högre kvalitet på fabrik än på byggarbetsplatsen. En utveckling mot allt mer integrerade lösningar kan dock resultera i att vissa arbetsmoment kan återföras till byggarbetsplatsen medan andra som idag endast kan utföras på plats kan ske industriellt. Man har t.ex. funnit skäl att utföra kompletta badrum på fabrik. En utveckling av de enskilda detaljerna i ett badrum



kan leda till att det åter blir mer fördelaktigt att utföra badrummet med alla dess olika detaljer på byggarbetsplatsen.

Vi har vant oss vid att gruppcentralen sitter på en plats i byggnaden där den logiskt förefaller vara "rätt" placerad, värmepannan och ventilationsanläggningen på andra åtskilda platser (om de nu inte utgör en enhet) samt rörledningar som följd härav kors och tvärs i byggnaden oftast inkapslade och som värst ingjutna. Med IG-grund finns möjligheten att alla installationer förmonteras på fabrik för att sedan på byggarbetsplatsen endast anslutas med ett "plugg in" förfarande. Installationerna samlas då i en s.k. driftmodul, se figur 6. Driftmodulen kan exempelvis omfattas av:

- En komplett gruppcentral med automatsäkring. Till gruppcentralen skall det gå att ansluta disk- och tvättmaskin elspis mm.
- Jordade vägguttag att montera på bjälklagets undersida i erforderligt antal med tillhörande jordade elledningar.
- Värmeväxlare med tillhörande utdragbara ledningar i spiralplast i erforderliga längder för anslutning till tilluft, frånluft och avluft.
- Elektrisk varmvattenberedare med fördelningsrör för samtliga vattenanslutningar.
- Erforderligt antal ledningar i plast för varmt och kallt vatten.
- Uppsamlingsanordning för gråvatten med erforderligt antal anslutningar



Figur 6. Driftmodul.

Driftmodulen föres även med värmeisolering samt utformas så att anslutning av plastfolie samt genomföringar för el, vatten och avlopp

enkelt kan utföras med god tätning på byggplatsen. Modulen transporteras till byggarbetsplatsen, där grunden är förberedd, och lyfts på plats. Anslutning av el, vatten och gråvatten till driftmodulen utförs av respektive behörig person. När överbyggnaden är klar kan sedan alla anslutningar göras mycket snabbt och enkelt.

## 2.8 Utveckling av existerande produkter

Installationsgrunden ger möjligheter till en språngvis utveckling av existerande produkter. Den skapar också förutsättningar för utvecklingen av helt nya framtidslösningar.

Eldstad tillhörde förr i tiden självklarheten i bostaden. I modern tid har en utveckling skett och braskaminen har funnit sin plats i många hem. Braskaminen kan utgöra ett komplement till den ordinarie uppvärmningen samt som reserv vid t.ex. strömavbrott. Anläggningskostnaderna är dock relativt höga eftersom en skorsten skall uppföras och dras genom boendevolymen och förses med alla de anordningar som säkerhetsföreskrifterna anger. En komplettering av bostaden med braskamin efter uppförandet är normalt inte att tänka på. Mot denna bakgrund har inom TEEG-projektet utvecklats en öppen spis som saknar sedvanlig skorsten i boendevolymen och som dessutom inte för upp rökgaser med traditionellt innehåll av föroreningar i den relativt höga temperatur som rökgaser normalt har. Spisen förbränner veden fullständigt och avger 30 C varm renad rök. Med IG-grund kan värmen från spisen föras ned i grunden och på så sätt värma hela byggnaden. Energin från spisen kan även överföras till varmvattenberedaren. Spisen kan dessutom monteras i byggnaden efter uppförandet.

De tekniska lösningar som ingår t.ex. i ett kylskåp grundar sig på den verklighet vi lever i - hur den ser ut rent praktiskt. Ett utrymme efter måttmodulen 60 x 60 och en total höjd av 2,4 m utgör de teoretiska gränserna för utformning av dagens kylskåp. I praktiken begränsas dock höjden till 2 m eller mindre - högre når inte en normal lång person. Kylenheten byggs således in i kylskåpet och avisoleras eftersom den alstrar värme. Kylenheten tar därmed nyttig del av det utrymme som annars skulle kunna användas för det avsedda ändamålet. I en båt har man helt enkelt inte råd av utrymmesskäl att ha kylenheten i själva skåpet. Kylenheten kan dock placeras på annan plats. Inte heller när man bygger ett kylrum byggs kylenheten in i rummet utan placeras en bit därifrån. Vid reparationer behöver man därför inte gå in i kylrummet.

I en byggnad skulle det vara praktiskt lämpligt att ha kylenheten avskild eftersom det inte brukar vara gångjärnet som går sönder eller ger anledning till reparation eller byte. I IG-grunden finns plats för kylenheten och det är möjligt att byta enbart denna när något krånglar i

stället för att reparatören tar med sig hela kylskåpet för reparation. Man brukar sällan få tillbaka det eftersom reparationen oftast är dyr och transporten en så stor del av totalkostnaden att man oftast föreslås att köpa ett nytt skåp.

## 2.9 Sammanfattning

IG-grunden är en grundläggningsteknik med vilken grunden och byggnadens installationer integreras till en enhet. Integreringen medför att installationerna kan utföras på ett betydligt enklare sätt än tidigare (kraftigt reducerad eller förenklad ledningsdragning, inga ingjutningar, ingen värmeisolering av ventilationskanaler och aggregat, inga krav på ytfinish hos aggregat mm) vilket innebär att kostnaderna kan sänkas. Målsättningen är att samtliga aggregat, ledningar mm skall kunna samlas i en prefabricerad s.k. driftmodul, som med enkla handgrepp endast ansluts på byggarbetsplatsen.

Integreringen innebär ett nytt sätt att distribuera ventilationsluften i byggnaden. Uteluft tas in till grunden där den värms och därefter tillförs byggnaden via en spalt mellan golv och vägg. Tekniken bidrar till hög luftutbyteseffektivitet, låga lufthastigheter hos tilluften, jämn temperaturfördelning, varma golv samt luftrening i tre steg.

Grundens utformning bidrar även till säkerhet mot fukt. Risken för fuktskador t.ex. vid läckage kan reduceras eftersom vattnet inte fastnar i konstruktionen utan hamnar i grunden där det kan tas om hand.

Byggtekniskt kan grunden med alla installationer betraktas som en enhet avskild från byggnaden i övrigt. Installationerna är därför inte i vägen vid t.ex. en ombyggnad eller förändring av planlösningen. Installationerna är samtidigt synliga och lätt åtkomliga (inga ingjutningar eller inbyggnad) vilket är fördelaktigt för service och underhåll.

Med IG-grund ges stora möjligheter till utbyggnad och uppgradering efter det att byggnaden uppförts. Man är därför inte låst om man från början väljer ett enklare och billigare alternativ eftersom det går att komplettera byggnaden i efterhand.

## 3. Provhus

I det följande behandlas ett hus som uppfördes 1991 i egen regi och för egna medel i Sjöhaga, Märsta. Huset uppfördes enkom i syfte att fungera som provhus för de idéer och produkter som tagits fram inom TEEG-projektet samt för demonstrationsändamål. I egenskap av provhus/experimenthus har byggnaden uppförts på ett sätt som i vissa delar avviker från det normala. Provhuset inrymmer ett stort antal nya

konstruktionslösningar och produkter vilka alla inte behandlas i denna skrift.

Förutom detta hus finns idag ytterligare nio hus med IG-grund uppförda eller under uppförande. Byggnaderna, som valts ut så att olika variationer kunnat studeras, ingår som en viktig del i utvecklingen av IG-grunden. Dessa byggnader har dock inte på samma sätt som i det här behandlade provhuset varit föremål för omfattande mätundersökningar. Ett undantag är dock det hus som uppförs av högskolan i Halmstad. Detta hus som i utförande är mycket likt det här aktuella provhuset kommer bl.a. att bli föremål för olika slags mätningar genom LTHs försorg på uppdrag av BFR.

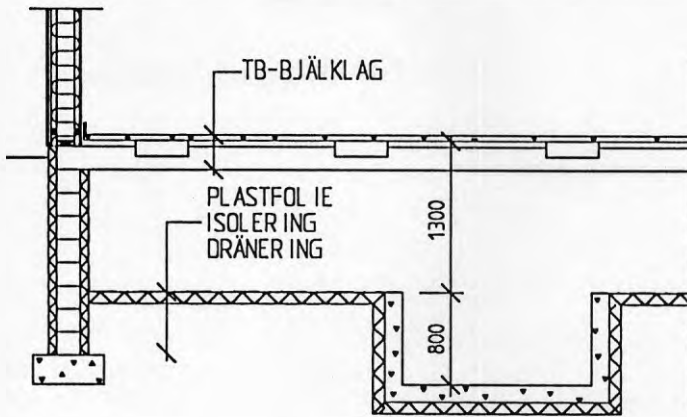
I nedanstående punkter ges en kortfattad sammanställning av de olika varianter som förekommer i de olika byggnaderna.

- Hus i ett plan och ett och ett halvt plan.
- Hus med rektangulär grund - liten och stor samt i vinkel.
- Hus där grunden utnyttjats endast för distribution av tilluft, dvs utan installationer i grunden.
- Platsbyggda grunder och prefabricerade grunder i olika utföranden
- Grundläggning på berg, lera, morän, pinnmo mm.
- Hus med träregelstomme samt stomme i betong.
- Hus med entré till installationsutrymmet i grundplanet, genom en lucka i golvet och via dörr i fasad.
- Grund med viss del avsatt för förvaring.
- Golvbjälklag i trä, i trä och betong (TP-bjälklag) och helt i betong.
- Ombyggnad av äldre timmerhus där befintlig torpargrund byggts om till IG-grund.
- Parhus med dubbla ventilationsanläggningar.

### 3.1 Beskrivning av konstruktion i grund och hus samt ventilation.

Grunden i provhuset har yttermått ca. 10,7 x 7,7 m (exkl. en mindre utbyggnad som inte redovisas i det efterföljande). Grundmuren, som står på en betongsula, är 350 mm tjock och består av Leca-block om 200 mm samt 70 mm cementbelagd frigolitplatta på vardera sidan, se figur 7. I grunden är en viss del försänkt i förhållande till de övriga och tjänar som gångutrymme för service och kontroll av installationerna. Den försänkta delen har full ståhöjd och en bredd av 0,85-2,25 m. Utbredningen i plan framgår av figur 10. Gångutrymmet är format som en ränna med väggar och golv av betong och kan nås genom en ingång i grundmuren samt från bostadsutrymmet genom en lucka i golvet. På lägsta punkt i golvet finns en golvbrunn ansluten till dräneringen. I den studerade grunden har gångutrymmet gjorts bredare än vad som avses bli fallet i framtiden. Den omfattar dessutom en betydligt större del av

grunden bl.a. för att kunna demonstrera flera alternativa möjligheter att nå grunden. Normalt skall den djupare delen vara endast ett  $\text{m}^2$ .



Figur 7. Konstruktion mot mark och grundmur

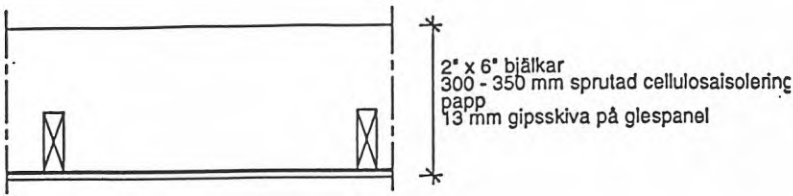
Mot marken är hela grunden dvs även den del som utgörs av gångutrymme, isolerad med 100 mm cellplast. Invändigt mot grundmuren samt på den horisontella delen är isoleringen täckt med en armerad plastfolie. Plastfolien är 2 m bred och skarvad genom vävöverlappning och klistrade skarvremсор. Grunden är i sin helhet så utformad att sanering skall kunna ske med vattenspolning. Golvbjälklaget är ett TP-bjälklag med ytskikt av marmorplattor. TP-bjälklaget är en kombinationskonstruktion av trä och betong, se figur 7. Golvbjälklaget är oisolerat.

Byggnaden ovan grunden är uppförd i 1½-plan. Planlösningen framgår av figur 11 och 12. Konstruktionen i ytterväggar, snedtak och hanbjälklag framgår av figur 8 och 9.



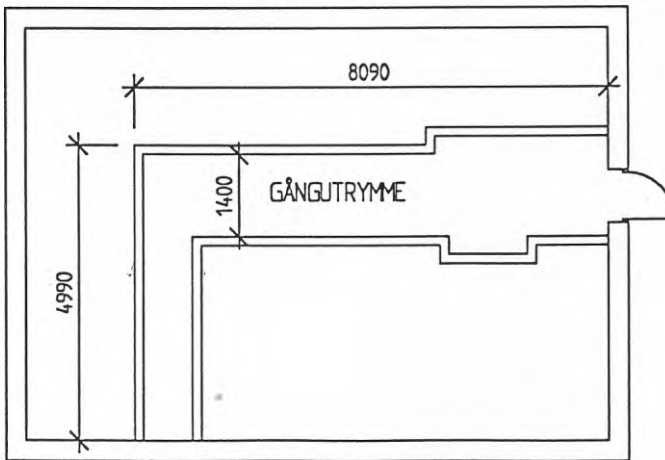
Figur 8. Konstruktion av yttervägg och snedtak. Ytterväggens fasad mot norr består av lockpanel medan fasaderna mot söder, öster och väster består av 30 mm putsat träullit. I yttervägg mot söder är den ena halvan isolerad med mineralull. Den andra halvan (cellulosaisolering) saknar plastfolie vilket även gäller för halva ytterväggen mot norr.



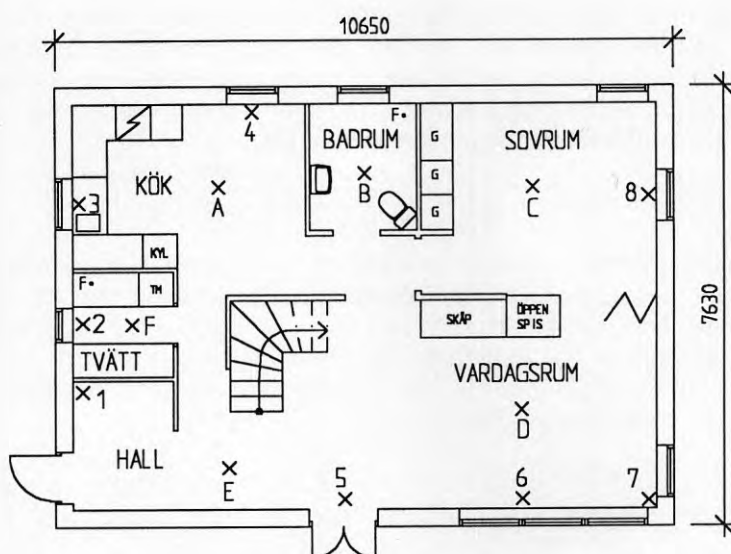


Figur 9. Konstruktion av hanbjälklag

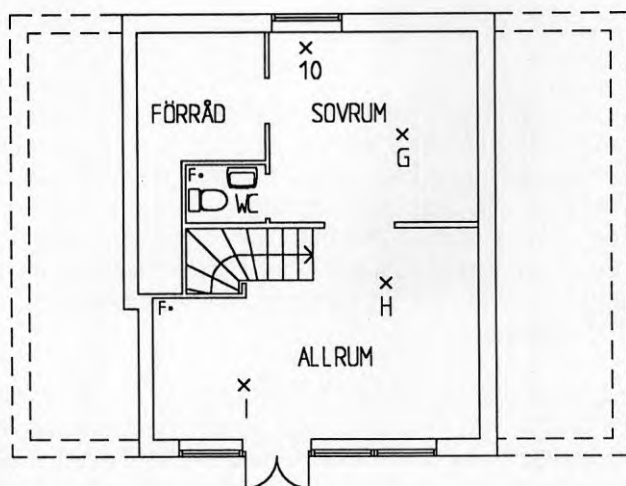
Grund och bostad ventileras mekaniskt med från och tilluft med värmeåtervinning. Uteluft (tilluft) tas in till ventilationsaggregatet, vilket är placerat i grunden, via en kanal som går genom grundmuren. Efter att luften passerat ventilationsaggregatet, som är en dubbel plattvärmeväxlare, släpps tilluften i grunden. För tilläggsuppvärmning av luften används en enkel kupévärmare. Luften strömmar från grunden upp i bostaden via en 15 mm bred spalt utmed hela ytterväggen. Till det övre bostadsplanet strömmar luften via två samlingskanaler från grunden och därefter ut till bostaden via en spalt mot ytterväggen.



Figur 10. Grundplan



Figur 11. Bottenvåning. Markerade punkter 1 - 9 anger mätpunkter vid mätning av lufthastighet och temperatur. Markerade punkter A - F anger mätpunkter vid mätning av utluftsflöde. Placering av frånluftsventil är markerad med F•.



Figur 12. Övervåning. Markerad punkt 10 anger mätpunkter vid mätning av lufthastighet och temperatur. Markerade punkter G - I anger mätpunkter vid mätning av utluftsflöde. Placering av frånluftsventil är markerad med F•.

I bostaden finns totalt 4 frånluftsventiler, två på varje bostadsplan (placering se figur 12 och 13). De vertikala frånluftskanalerna leds via värmeväxlaren vidare ut genom en öppning i grundmuren. Luften filtreras dels i ventilationsaggregatet (EU5-filter ) dels i spalten där en filterlist av konventionell typ är placerad.

### 3.2 Utförda mätningar

Med IG-grunden ges grunden en helt ny betydelse i byggnaden. Integrationen av ventilation och uppvärmning i grunden medför att grunden inte kan betraktas som en enskild komponent eftersom grundens utformning har betydelse för hur byggnaden fungerar som helhet. För att kunna avgöra hur den nya tekniken fungerar har därför hela byggnadens funktion studeras.

De krav som ställs på en byggnad anges i Boverkets Nybyggnadsregler (NR). För att ett hus skall fungera utan problem ställs krav på ventilation och termiskt klimat, skydd mot radon och fukt, energiförbrukning mm. De mätningar som redovisas har haft som syfte att kontrollera om dessa väsentliga egenskaper är uppfyllda. Resultaten från kontrollerna skall ligga till grund för det fortsatta utvecklingsarbetet samt även ingå som underlag vid ansökan om typgodkännande för IG-grunden. Samtliga mätningar som redovisas är utförda av Statens Provningsanstalt SP. Mätningarna har utförts under perioden 23 - 25 februari 1993 förutom mätning av förlustfaktor där mätperioden är 25 februari - 31 mars.

#### 3.2.1 Täthet

För att ventilationssystemet - av vilket slag det än är - skall kunna erbjuda rätt uteluftsflöde till varje rum vid rätt tillfälle är det viktigt att okontrollerat luftläckage hålls nere. Okontrollerad luftläckning gör att uteluftsflödena inte kan styras, energiåtgången ökar, möjligheterna till värmeåtervinning ur ventilationsluften minskar och risken för fuktskador blir större. För byggnader med FTX-ventilation (styrd från och tilluft med värmeåtervinning) är det en grundläggande förutsättning, såväl funktionellt som driftekoniskt.

Lufttätheten hos installationsgrunden är väsentlig ur flera synpunkter. En tät grund ger bättre radonsäkerhet och framför allt innebär det att den uteluft som bostaden skall ventileras med verkligen når bostaden och inte strömmar ut i marken via otätheter. Eftersom grunden skall ha övertryck är detta uppenbart. Dessutom innebär en tät grund mindre energiförluster eftersom den tillförda energin endast behöver värma grund och bostad.

Det krav som skall ställas på lufttätheten är att grunden skall betraktas som en tilluftskanal. Enligt NR kapitel 4 skall kanalen klara en lufttäthet enligt klass B vilket innebär 0,44 l/sm<sup>2</sup> omslutningsyta vid 400 Pa tryckskillnad. Räknas kravet om till 50 Pa tryckskillnad ger detta ungefär samma krav som för bostaden enligt NR kapitel 3, dvs 3,0 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> omslutningsyta.

Bostadens och grundens lufttäthet mättes enligt metod SS 02 15 51 utgåva 2. I korthet innebär detta att samtliga öppningar avsedda för allmänventilation tätades. Entrédörren ersattes med en tät skiva i vilken en fläkt anslöts för mätning av luftflöde. Provningsen utfördes med fem avläsningar på övertryck (20-50 Pa). Mätningarna av tätheten utfördes endast vid invändigt övertryck. Normalt skall mätning utföras vid både över och undertryck. Detta har inte följts beroende på att den armerade platen i grunden reste på sig när mätningen vid undertryck skulle utföras.

För att kunna mäta grundens respektive bostadens lufttäthet var för sig monterades en fläkt i dörren till grunden. Med hjälp av fläkten hölls samma tryck i grunden som i bostaden när lufttätheten bestämdes i bostaden. Detta innebär att de otätheter som finns i grunden inte kommer med vid mätningen av bostadens otätheter. Grunden lufttäthet är skillnaden mellan det totala luftflödet för grund och bostad och luftflödet för bostaden.

Utrustningen som användes vid mätningen var följande:

- Fläkt med mätrör av fabrikat Lifa 3080
- Differenstryckmätare för mätrör till fläkt och ute-inne, av fabrikat Furnes FCO11
- Lufthastighetsmätare av fabrikat Wallac.

Uppmätt lufttäthet vid +50 Pa redovisas i tabell 1. Samtliga mätresultat vid olika tryckskillnader och klimatuppgifter framgår av bilaga 1.

Provad enhet	Lufttäthet vid +50 Pa m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Bostad och grund	14,6
Bostad	4,2
Grund	15,6

Tabell 1. Uppmätt lufttäthet vid +50 Pa.

Av resultaten framgår att varken grunden eller bostaden klarar de krav som ställs enl. NR (3,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h). Framförallt grundens lufttäthet är

bristfällig. Med värmekamera spårades betydande luftläckage i bostaden. Följande läckageställen noterades

- anslutning mellanbjälklag - stödbensvägg
- anslutning snedtak - yttervägg
- anslutning snedtak - stödbensvägg

I grunden noterades följande läckageställen

- anslutning mellan armerad plastfolie - grundmur/betongvägg mitt i grunden
- skarvar armerad plastfolie (överlapp)

Orsaken till de stora otätheterna i grunden är brister i utförandet. Plastfolien avslutades bl.a. utan speciell förankring på grundmurens insida i stället för att denna dragits upp och klämts fast under syllen. Med ett korrekt utförande skall dock erforderlig täthet kunna uppnås. Motsvarande gäller även för lufttätheten i bostaden.

### 3.2.2 Ventilation

Ventilationen i ett hus skall dimensioneras så att frånluftsflödet är ungefär 10% större än tilluftsflödet. Då finns förutsättningar att det blir invändigt undertryck vilket ur fuktsynpunkt är nödvändigt. Undertryck inomhus medför att kall luft sugas in genom otätheter i ytterkonstruktionen. Under passagen värms luften upp, varvid den relativa fuktigheten RF sänks och luften kan därmed torka ut de material den passerar. Vid övertryck inomhus pressas däremot varm och fuktig luft ut genom otätheter. Är det kallare ute, kommer luften att kylas ner och den relativa fuktigheten ökar. Övertryck kan ge fuktskador i konstruktionen under den kalla årstiden och skadorna kan komma mycket snabbt.

Uteluftsflödet har mätts i varmgrunden vid kanal efter värmeväxlaren. Frånluftsflödet har mätts på respektive don i badrum och tvätt på nedre plan och i WC och allrum på övre plan. Vid enskilda don har frånluftsflödet mätts med instrumentbeteckningen Swema. Uteluftsflödet (den mängd uteluft som tillförs bostaden) har mätts enligt Nordtestmetoden VVS 0048.

Uteluftsflödet i grunden uppmättes till 231 m<sup>3</sup>/h. Uppmätta frånluftsflöden redovisas i tabell 2.

Ett rum skall enligt NR ha kontinuerlig luftväxling. Luftväxlingen skall anordnas så att utsöndringsprodukter från personer och byggnadsmaterial samt fukt, luftföroreningar, och hälsofarliga ämnen inte anhopas. Grundkravet på uteluftsflöde till rum med normal takhöjd är minst 0,35 l/s, m<sup>2</sup> golvarea. För bostäder gäller kravet såväl hela



lägenheten som enskilda rum. Utrymmen där någon vistas endast tillfälligt skall ha sådan luftväxling att det inte uppstår hälsorisker eller skador påbyggnaden eller dess installationer. Åtskilliga typer av rum kräver dock en högre luftväxling än grundkravet. Kraven på luftväxling i olika typer av rum anges i NR kapitel 4:1. De krav på luftväxling som anges i NR är minimiflöden och avser uteluft. I allmänhet måste de dimensionerande luftflödena sättas högre på grund av faktorer som värme, föroreningar från material och försmutsning av filter och kanaler som orsakar att luftflödet sjunker.

Placering	Flöde (m <sup>3</sup> /h)
Badrum	58
Tvätt	55
WC	42
Allrum	46
Totalt	201

Tabell 2 . Uppmätta från- luftslöden.

Uteluftsflödet i bostadsdelen bestämd med kontinuerligt tillförd spårgas enligt metod NR VVS 0048 redovisas för respektive rum i tabell 3. I tabellen anges även erforderligt uteluftsflöde för respektive rum enligt NR.

Mätningarna visar att uteluftsflödet är betydligt större än frånluftsflödet (247 m<sup>3</sup>/h respektive 201 m<sup>3</sup>/h) vilket innebär att systemet är i obalans. Systemet behöver således justeras.

Rum	Area m <sup>2</sup>	Uteluftsflöde l/s kravenl.NR	Uteluftsflöde m <sup>3</sup> /h enl. krav	Uteluftsflöde m <sup>3</sup> /h uppmätt
A. Kök	12.6	10	36	42
B. Badrum	5.1	10	36	34
C.Sovrum 2-pers	12.5	8	29	30
D,E.Vardagsrum/ Hall	38	13,3	48	44
F. Tvätt	3.4	10	36	28
G.Sovrum 2-pers.	12.5	8	29	63
H,I. Allrum	19	6,65	24	6
Totalt				247

Tabell 3. Uppmätta uteluftsflöden samt krav på uteluftsflöden enligt NR. Mätpunkternas placering (A - I) framgår av planritning figur 11 och 12.

Av tabell 3 framgår att uteluftsflödet till badrum, sovrum (C), vardagsrum/hall och tvätt ligger nära eller något under kraven. Uteluftsflödena till dessa rum bör därför ökas vilket kan göras genom injustering av ventilationssystemet. I sovrum på övre plan är uteluftsflödet betydligt större än vad som erfordras. Samtidigt är uteluftsflödet till allrummet i samma plan alltför lågt. Till det övre planet leds tilluften i två kanaler och tillförs rummen vid yttervägg. På grund av osäkerhet beträffande erforderlig kanaldimension utfördes den ena kanalen mycket liten (till allrum) och den andra mycket stor (till sovrum). Det totala luftflödet till övervåningen visar att det inte föreligger något problem att tillföra tillräckliga luftmängder. Obalansen i fördelningen kan därför lösas med lämpligt valda kanaldimensioner.

Tryckförhållandet över klimatskärmen, vid normal drift, uppmättes på respektive våningsplan till följande värden.

Plats	Tryckskillnad Pa
Grund - Ute	0 - 0,5 (övertryck i grund)
Plan 1 - Ute	-0,5 (undertryck inne)
Plan 2 - Ute	0
Grund - Plan 1	0,5 -1,0 (övertryck i grund)

Resultaten visar att:

- Tryckskillnaden i varmgrund - ute/mark borde vara större
- Tryckskillnaden inne - ute borde vara större. Undertryck bör säkerställas även på andra bostadsplanet

Luftutbyteseffektiviteten är ett mått på ventilationssystemets verkningsgrad, dvs hur väl systemet kan ventilera boendetrymmen i dess helhet. Vid t ex felaktigt placerade don kan luften skiktas i vertikalled och därmed kan vissa utrymmen eller delar av rum bli sämre ventilerade. Detta ger ett lågt tal på ventilationseffektiviteten. Fullständig omblandning av luften i boendetrymmena ger ca 50% luftutbyteseffektivitet. Luftutbyteseffektiviteten i provhuset har mätts enligt Nordtestmetoden VVS 0047. Mätpunkten för luftutbyteseffektiviteten var placerad i frånluftskanalen före värmeväxlaren. Ventilationssystemet var inställt på normal drift.

Mätningen visar att luftutbyteseffektiviteten vid mättillfället var ca 54%. Detta visar att ventilationssystemet blandar luften väl i boendetrymmena. Principen för hur uteluften tas in till bostaden via spalten mellan bjälklag och yttervägg kan därmed sägas fungera bra.

Sammantaget visar mätningarna att principen för hur uteluften tas till bostaden fungerar. Systemet behöver dock justeras så att uteluftsflödet blir ungefär 90% av frånluftsflödet. Samtidigt behöver uteluftsflödet ökas något för att kraven enligt NR skall klaras i alla rum. Tryckskillnaden inne-ute behöver också förbättras så att det råder undertryck inne.

### 3.2.3 Termiskt klimat

När vi befinner oss i ett rum kommer vi att uppleva "rumstemperaturen" som en sammanvägd effekt av flera termiska faktorer. Det är inte alls enbart lufttemperaturen som inverkar på oss som vi vanligen tror, utan även termisk strålning och luftens rörelser. Hur vi upplever det termiska klimatet beror dessutom på vår klädsel och aktivitet, samt i någon mån på luftens fuktighet.

Lufttemperaturen i ett rum är betydelsefull för vår termiska upplevelse eftersom den är det medium som omger vår kropp. För att klimatet i rummet skall upplevas som tillfredsställande är det bland annat viktigt att temperaturskillnaden mellan huvud och fot inte är för stor, speciellt för en sittande person.

Lika stor inverkan som luftens temperatur har faktiskt temperaturen hos omgivande ytor vilka genom termisk strålning utbyter värme med vår kropp. Om vi omger oss med kalla ytor - fönster, väggar, golv och tak - måste det kompenseras med förhöjd lufttemperatur om vi skall uppleva en behaglig termisk situation. Om vi omvänt omger oss med varma ytor kan vi sänka lufttemperaturen för samma termiska upplevelse.

Drag är i fysikalisk mening en lokal avkylning av kroppen. Orsakerna kan vara många och är ingalunda alltid förknippade med lufthastigheten. Lokal avkylning kan upplevas som drag, när en person befinner sig vid en kall yta och den varmare kroppen strålar värme dit.

Drag som förorsakas av luftens rörelse upplevs starkare ju högre hastigheten är och ju kallare luften är. Även variationer i lufthastigheten ger större känsla av drag. Besvären upplevs som en temperatur-sänkning och blir märkbar när luftens medelhastighet överstiger 0,15m/s.

I första hand orsakas luftrörelserna av ventilationssystemet, speciellt tilluftssystemet. Viss luftrörelse är av naturliga skäl nödvändig för att det skall bli erforderlig luftcirkulation i ett rum. Luftrörelsen inom vistelsezonen i lokalen får dock inte vara för stor.

Den totala värmeförlusten från en person påverkas normalt i relativt liten omfattning av den värmeförlust som sker genom ledning till exempelvis stol eller golv. Däremot kan det lokalt upplevas som mycket obehagligt om fötternas temperatur sänks på grund av kalla golvytor. Här inverkar även en mängd andra faktorer som typ golvmaterial, fotbeklädning och luftförelser runt foten.

Som ett sammanfattande mått på det termiska klimatet anges ofta den operativa temperaturen - medelvärde av luftens temperatur och medelstrålningstemperaturen. Medelstrålningstemperaturen kan beskrivas som en funktion av temperaturen hos alla omgivande ytor som påverkar kroppens värmeutbyte. I begreppet operativ temperatur ingår dock inte inverkan av luftens hastighet. Det upplevelsemått i vilket alla tre klimatfaktorerna sammanvägs kallas ekvivalent temperatur (ekvivalent med upplevd temperatur).

De mätningar som utförts här omfattar lufthastighet och temperaturgradient.

Stora temperaturskillnader mellan 0,1m och 1,1m ovan golv (i vertikalled) kan av många upplevas som ett kallt rum och därmed dåligt termiskt klimat. I en arbetsrapport från SP (SP AR 1989:27) anges kravet för vertikal lufttemperaturskillnad (0,1 - 1,1 m ovan golv) till  $< 3,0^{\circ}\text{C}$  vid lägsta utetemperatur (LUT).

Vid högre utetemperatur än LUT anges att temperaturskillnaden i vertikalled minskar i proportion till temperaturskillnaden inne - ute. Detta innebär att en byggnad dimensionerad för LUT vid  $-20^{\circ}\text{C}$ , vilket är någorlunda representativt för den undersökta byggnaden, har ett krav på största temperaturskillnad i vertikalled på  $1,5^{\circ}\text{C}$  vid en utetemperatur av  $0^{\circ}\text{C}$ .

Temperaturgradienten i rummets vertikalled mättes på yta golv och vid 0,1, 0,6, 1,1 samt 1,8 m ovan golv. I några mätpunkter mättes temperaturen vid yta golv samt 1.1 m ovan golv. Temperaturen mättes med termoelement (koppar/konstantan) vilket ger en maximal mätoslaggrannhet på  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

Mät punkt	Lufthastighet 1,2 m ovan golv m/s		Temperatur °C					
	Medelvär- de under 3 minuter	Standard- avvikelse	Yta golv	Ovan golv				
				0,1	0,6	1,1	21,8	
1:a Plan								
1. Till höger om entrédörr	0,0	0,0	18,5	-	-	20,9	-	
2. Tvättstuga vid fönster	-	-	19,7	-	-	-	-	
3. Kök vid fönster entrésida (under bänk)	0,04	± 0,03	20,0	-	-	20,6	-	
4. Kök vid fönster mot öst	0,0	0,0	20,2	19,6	20,1	20,4	20,7	
5. Vardagsrum vid fönsterdörr	0,0	0,0	22,4	-	-	21,2	-	
6. Vardagsrum vid fönsterkarm mellan 1:a och 2:a fönstret sett från fönsterdörr	0,02	± 0,03	21,8	21,0	21,1	21,0	21,8	
7. Vardagsrum vägghörn	-	-	20,9	-	-	-	-	
8. Arbetsrum vid fönster åt syd 0,5 m från vägg	0,02	± 0,03	20,8	-	-	21,2	-	
2:a Plan								
9. Allrum vid fönsterdörr	0,0	0,0	20,8	20,6	20,9	21,0	20,9	
10. Sovrum vid fönster	0,04	± 0,04	21,2	21,0	21,0	21,0	20,9	

Tabell 4. Uppmätta värden av lufthastighet och temperatur.  
Mätpunkterna är också markerade från 1 - 10. Dessa finns  
markerade på planritningen, figur 11 och 12.

Lufthastigheten i bostaden mättes med instrumentbeteckning Bruel & Kjaer. Mätningen pågick under 3 minuter och under denna tid fick inte någon som vistades i huset röra på sig. Instrumentet visar utöver uppmätt lufthastighet också mätvärdets standardavvikelse. Normalt



skall denna typ av mätningar utföras inom bostadens vistelsezon som är 0,5 m från yttervägg. Detta har inte följts utan mätningar har gjorts ca 0,2 m från yttervägg.

Mätningen har utförts med ventilationsaggregat i drift samt fönster och dörrar stängda. Mätningen utfördes vid en utetemperatur av  $-0,3^{\circ}\text{C}$  och vindstilla. Mätresultaten redovisas i tabell 4.

Den största temperaturgradient som uppmättes i vertikalled, gäller 0,1 - 1,1 m ovan golv, var  $0,8^{\circ}\text{C}$  vid fönster i kök åt öst. Vid mätningen var uteluftens temperatur  $-0,3^{\circ}\text{C}$  vilket innebär att kravet enligt ovan klaras med god marginal. Detta gäller också om en jämförelse görs mellan temperaturskillnaden yta golv och 1,1 m ovan golv i samtliga mätpunkter förutom vid entrédörren. Temperaturen kan här vara lägre än normalt och inte representativ beroende på att kall uteluft strömmat in på golvet före mätningen.

I nr.1 under kapitel 3:2 Termiskt rumsklimat står det bl a att lufthastigheten i ett rums vistelsezon inte får överstiga 0,15 m/s. Den högsta lufthastigheten som uppmättes var 0,04 m/s dvs mycket lägre än kravet i NR. Detta gäller för båda bostadsplanen och innebär att förutsättningen för ett bra termiskt klimat vad avser lufthastighet mer än väl är uppfyllt.

Sammantaget visar de mätningar som utförts att kraven på termisk komfort är uppfyllda med god marginal.

### 3.2.4 Fukt

Många bostäder har drabbats av fukt och mögelproblem med dålig luftkvalitet som följd. Detta gäller för grundkonstruktioner som platta på mark med ovanliggande isolering och uteluftsventilerade kryprum.

De kriterier som gäller för att mögelpåväxt skall kunna ske är följande:

- tillgång till syre
- temperaturer över  $0^{\circ}\text{C}$
- tillgång till organiskt material
- en relativ fuktighet överstigande 70 - 75%, vilket motsvarar en fuktkvot i trä på ca 0,15 - 0,17 kg/kg.

De kriterier som anges ovan gäller för fortlevnad. För etablering av mögelsvamp krävs sannolikt betydligt högre relativ fuktighet.

Fuktkvoten i trädetaljer i grunden mättes med ett instrument (Protimeter) som mäter resistansen mellan två stift (instrumentet jämfördes på platsen med två kända resistanser).

Högsta fuktkvot 0,12 kg/kg uppmättes i stående regel mot betong vid dörr till varmgrund. Fuktkvoter i övrigt uppmättes till 0,06 - 0,08 kg/kg (ca 15 mätpunkter)

Klimatet (temperatur, relativ fuktighet och ånghalt) ute, inne och i varmgrund mättes med psykometer. Resultaten framgår av tabell 5.

Mätplats	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Ånghalt g/m <sup>3</sup>	Fukttillskott jämfört med ute g/m <sup>3</sup>
Ute	-0,3	100,0	4,7	-
Inne (vardagsrum)	21,2	33,0	6,1	1,4
Grund	20,2	30,0	5,2	0,5

Tabell 5. Temperatur, relativ fuktighet och ånghalt i grund, inne och ute.

De fuktkvoter som mätts upp i träreglar i varmgrunden är betydligt lägre än de kriterier som gäller för mögelpåväxt ur fuktsynpunkt. Mätningarna visar också att fukttillskottet i grunden, dvs den fukt som tillförs grunden från marken, var 0.5 g/m<sup>3</sup> vilket innebär att fuktinnehållet i grunden i stort sätt styrs av uteluftens fuktinnehåll. Detta ger som lägst relativ fuktighet i grunden under den kalla årstiden och de högsta under sommarperioden.

Även om fukttillskottet är lågt i grunden kan det troligtvis helt elimineras om konstruktionen mot marken blir lufttät.

Fukttillskottet i ineluften jämfört med uteluften var 1.4 g/m<sup>3</sup>. Det man kan konstatera är att om det inte förekommer något fukttillskott i grunden kommer även fukttillskottet inne att sjunka.

Sammantaget visar mätningarna att grunden fungerar väl ur fuktsynpunkt. Det bör dock sägas att mätningarna utförts då grunden varit i drift under drygt ett år. Mätningarna ger därför inte någon uppfattning om förhållandena i grunden strax efter färdigställandet, innan byggfukten hunnit avgå.

### 3.2.5 Energiåtgång

Förlustfaktorn (summan av transmissionsförluster och ofrivillig ventilation) för huset och grunden har mätts med av boverket

typgodkänd metod. Typgodkännande 4714/90. Vid mätningen registrerades följande kontinuerligt:

- lufttemperatur inne. Två mätpunkter per våningsplan
- lufttemperatur ute. Två mätpunkter
- tillförd energi mättes med pulsräknare kopplad till husets elcentral med en upplösning av 5 Wh/puls

Under mätningen kopplades ventilationsaggregatet om så att det blev ett recirkulerande system (ingen uteluft tillfördes huset eller grunden). Under mätningen infördes restriktioner beträffande användning av varmvatten och utvändig el enligt metodbeskrivningen för mätning av förlustfaktor.

Datum	Ft W/K	Datum	Ft W/K
11/3	<u>99,4</u>	21/3	126,7
13/3	<u>98,9</u>	22/3	<u>101,3</u>
14/3	118,0	23/3	<u>100,8</u>
15/3	121,0	24/3	89,2
16/3	111,3	25/3	83,0
17/3	<u>103,0</u>	26/3	105,8
18/3	106,6	27/3	75,5
19/3	134,1	28/3	72,9
20/3	<u>103,0</u>	29/3	72,9
		30/3	109,1
Medelvärde alla perioder			101,7
Medelvärde utvalda perioder			101,1

Tabell 6. Bestämd förlustfaktor, samtliga mätperioder.

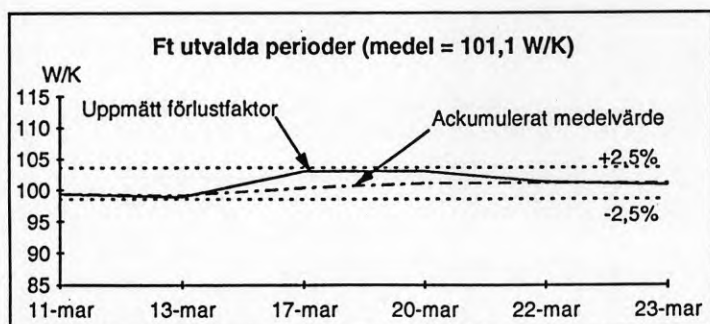
Under mätningen värmdes hus och grund med elektriska element (reglerade med termostater) från SP, d.v.s. husets ordinarie uppvärmningssystem var inte i drift. Vid utvärderingen har perioder mellan klockan 22.00 och 06.00 använts. Beräkningen av uppmätt förlustfaktor följer de i metoden fastställda riktlinjerna och korrekationer har gjorts i följande ordning

- korrektion för instabil utomhustemperatur
- korrektion för instabil inomhustemperatur
- förlustfaktor som avviker mer än  $\pm 10\%$  från medelvärdet utesluts
- de i metoden angivna korrektionerna för förluster genom källarvägg mot mark har inte gjorts eftersom källarvägg mot det fria är mycket liten i förhållande till totala ytan

- återstående perioder prickades in i ett diagram och ackumulerat medelvärde beräknades

Förlustfaktorn ( $F_t$ ) redovisas i tabell 6 för samtliga mätperioder. Utvalda perioder som ligger till grund för den framräknade förlustfaktorn är markerade med fet stil och understrukna.

Resultatet redovisas även nedan i diagramform där ackumulerat medelvärde samt gränserna för acceptabel avvikelse finns angiven.



Ovanstående förlustfaktor är summan av transmissionsförluster och ofrivillig ventilation. Ofrivillig ventilation utgör 15,4 W/K av den totala förlustfaktorn (se ventilationsmätningen). Vid uppmätt frånluftsflöde uppgår ventilationsförlusterna till 67,5 W/K utan hänsyn till värmeåtervinning.

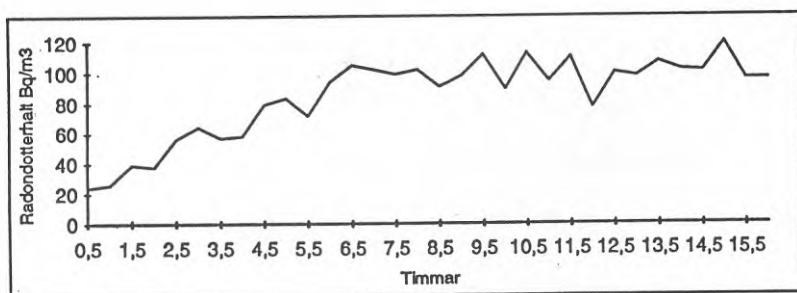
Med hänsyn tagen till slumpmässiga och systematiska fel ligger husets förlustfaktor inom  $\pm 5\%$  av medelvärdet. Förlustfaktorns medelvärde (101,7 W/K) tyder på en låg energiförbrukning.

### 3.2.6 Radon

Radon är en ädelgas som bildas när det radioaktiva ämnet radium sönderfaller. Sönderfallet pågår ständigt och av radonet bildas i sin tur radondöttrar. Strålningen från dessa bidrar till lungcancer - särskilt i kombination med tobaksrökning. Den största delen av den radioaktivitet som tillförs byggnaden kommer från marken. Halterna av radon i jordluften varierar kraftigt mellan olika platser och ju högre halten är desto större är risken för höga halter inomhus.

I Boverkets nybyggnadsregler (NB) föreskrivs att radondotterhaltens årsmedelvärde inte får överskrida 70 Bq/m<sup>3</sup> i rum där personer vistas stadigvarande.

Mätning av radonhalt har gjorts med ett direktvisande instrument Alnor RM3-A. Utskrift av radonhalten gjordes en gång var 30:e minut, se figur 13.



Figur 13. Resultat av mätning av radondotterhalt.

De gränsvärden som finns i NR gäller radondotterhalten (högst 70 Bq/m³). De mätresultat som redovisas är radondotterhalt och har vid omräkning från radon till radondöttrar räknat med en jämviktsfaktor på 0,5 vilket är vedertaget i metodbeskrivningar för spårningsmetoder från Strålskyddsinstitutet, SSI. Uppmätt radonhalt har en onoggrannhet på  $\pm 10\%$ . Variation av jämviktsfaktorn (förhållandet mellan radondöttrar och radon är inte konstant) har en onoggrannhet på  $\pm 20\%$  vilket anges i Strålskyddsinstitutets metodbeskrivningar för spårningsmetoder.

Mätningen gjordes på nedre bostadsplanet i vardagsrummet. Mätningen startades kl 17.30 den 24/2 och avslutades kl 9.30 den 25/2. Under den första timmen av mätningen pågår en uppbyggnad av radonhalten i instrumentet varför denna mätperiod inte är representativ. Radondotterhaltens medelvärde under mätperioden (de sista 15 timmarna av mätningen) var 92 Bq/m³. Värdet är således högre än de krav som finns i NR. Förklaringen till den för höga radondotterhalten är sannolikt att radon strömmar upp från marken till grunden. Från grunden har sedan radonet förts vidare in till bostaden via tilluften. För att förhindra att radon kommer i grunden kan grunden försättas i övertryck i förhållande till marken eller kan konstruktionen mot marken göras lufttät. Av de tidigare redovisade mätningarna av lufttätheten framgår att tätheten är bristfällig vilket medfört att radongasen har haft möjlighet att läcka in. Det övertryck som uppmäts i grunden i förhållande till ute (0 - 0,5 Pa) är inte tillräckligt för att förhindra inläckning.



### 3.2.7 Förekomst av flyktiga organiska ämnen (VOC) samt av formaldehyd

Prover för analys av flyktiga organiska ämnen (VOC) samt av formaldehyd har tagits i uteluften, i varmgrunden samt i bostaden. Provtagning av flyktiga organiska ämnen har gjorts med Tenaxrör och av formaldehyd med DNF-impregnerade filter och pumpad provtagning. Tenaxrören har av SP analyserats med gaskromatografisk teknik, omfattande både flamjonisationsdetektor (för kvantifiering) och masselektiv detektor (för identifiering). Den beräknade totalhalten anses omfatta flyktiga organiska ämnen i kokpunktsintervallet 70-320° C. (För ämnesgruppen kolväten motsvarar detta ämnena hexan till oktadekan, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>.) Formaldehydproverna är analyserade av Yrkesmedicinska kliniken i Örebro med s.k. HPLC-teknik.

Proverna för på Analysen av flyktiga organiska ämnen (VOC) visar på förekomst både i grunden och inne. Med upptagna provtagningsvolymen har totalhalterna VOC, terpenhalten (dominerande ämnesgrupp) samt formaldehydhalten beräknats till följande:

Provplats	Provtagnings-volym l	Totalhalt VOC* mg/m <sup>3</sup>	Varav terpen* mg/m <sup>3</sup>	Formaldehyd mg/m <sup>3</sup>
Uteluft	13,6	0,0	ej beräknat	<0,025
Varmgrund	14,2	0,1	0,1	<0,025
Vardagsrum	14,0	0,3	0,1	<0,025

\* beräknade som toulén

De dominerande ämnena i respektive prov framgår av bilagda gaskromatogram (se bilaga 1). De är främst av typen terpen (pinener, limonen). Dessutom förekommer aldehyder (hexanal) kolväten (pentaner, dekan, toulén, xylen, styren m fl) samt estrar (butalacetat, "TXIB").

Terpenerna kommer vanligen från trä och träbaserade material. Ett visst tillskott av terpen i vardagsrumsprovet men det mesta tycks härröra från varmgrunden. I luftprovet från varmgrunden återfinns också styren, denna kommer troligen från cellplast. Påvisade pentaner, toulén, xylen etc är lättflyktiga kolväten som kan ha många olika källor, t.ex. limmer, lacker etc. "TXIB" är en mjukgörare, sannolikt från en plastmatta använd i huset. Formaldehydhalten är låg och kan jämföras med Socialstyrelsens gränsvärde för boendemiljö på 0,025 mg/m<sup>3</sup>.

Sannolikt tillförs ämnen från grunden till bostaden. Om totalhalten i grunden varit samma som ute hade halten i bostaden blivit lägre i motsvarande grad.

### 3.3 Slutsatser och fortsatt arbete

Resultaten från mätningarna utförda i provhuset visar att *principen för systemet* fungerar. Mätningarna visar vidare att kraven för det termiska klimatet och fuktsäkerhet är väl uppfyllda. Provhuset uppvisar dock vissa brister i det konstruktiva utförandet. Framförallt har otätheterna i grunden och byggnaden varit betydande vilket medfört höga radonhalter, tillskott av flyktiga organiska ämnen till grunden samt energiförluster. Ventilationssystemet har inte heller varit korrekt injusterat vilket medfört obalanserade luftflöden samt för små tryckskillnader.

En god möjlighet till uppföljning av de här erhållna resultaten finns i det provhus som uppförs av högskolan i Halmstad.

IG-grunden innefattar ett flertal nya och genomgripande konstruktionslösningar jämfört med traditionellt byggande. För att säkerställa tekniken är det mycket viktigt med en fortsatt noggrann uppföljning i form av ytterligare mätningar och besiktningar. Fukt-förhållandena i grunden bör bl.a. studeras under en längre tidsperiod samt vid extrema förhållanden som under och strax efter byggnadens färdigställande och vid vattenläckage. Grundens funktion som tilluftskanal bör även studeras närmare. Det är viktigt att se till att luften i grunden inte tillförs olämpliga ämnen från material, apparatur, utrustning, mm.

En stor del av det fortsatta arbetet innefattar utveckling och optimering av tekniken - funktionellt, tekniskt och ekonomiskt. Exempel på detaljer, komponenter och funktioner som är angelägna att studera är:

- Grundens utformning med avseende på mått, detaljlösningar och material.
- Elsystemet
- VVS
- Filter
- Kontrollfunktioner för ventilationssystemet
- Värmeväxlare för grävatten.
- Prefabricering
- Produktionsteknik

### 4. Typgodkännande, besiktning och Patent

Hos Boverket har man möjlighet att ansöka om ett typgodkännande för en produkt eller metod. Ett typgodkännande innebär att produkten eller metoden uppfyller vissa angivna krav. Att typgodkänna produkter är inget krav, det kan dock ge marknadsmässiga fördelar. Typgod-

kännanden innefattar ofta enskilda produkter såsom värmeisolering fönster mm. Även om en hel byggnad är uppförd med typgodkända produkter garanterar detta dock inte att byggnaden som helhet fungerar bra.

Statens Provningsanstalt SP har utarbetat en kvalitetskontroll för hela byggnader vilket är ett steg i rätt riktning för att öka konsumentskyddet.

I fråga om typgodkännande och besiktning anser TEEG att man bör sträva efter att efterlikna mönstret för bilar dvs man typgodkänner bilen/husets funktioner som en teknisk helhetslösning. Sedan besiktigas den enskilda produkten vilket skall ske efter det att arbetet är slutfört på samma sätt som bilbesiktningen undersöker en bil. Detta förutsätter att husen byggs på ett öppet sätt, det vill säga att allt måste kunna inspekteras. En utveckling i denna riktning borde vara av intresse för alla parter. Långvivaren vet att han har lämnat ut ett lån till något som man kan följa utvecklingen i samt för den boende att ev fel kan upptäckas snabbt innan onödigt stor skada skett vilket sammanfaller med försäkringsbolagens intressen.

Det starkaste bland de immateriella skydden är vanligen patent. Andra skydd är bl.a. mönster och know how men även en stark marknadsposition kan vara väl så trygg (jmf. IKEA).

Avsikten med patent är bl.a. att ge upphovsmannen en möjlighet att med ensamrätt men samtidigt på vissa villkor få tillämpa en uppfinning eller ett förfarande. Härigenom bereds vederbörande en möjlighet att återfå satsade medel.

Patent kan även ha en annan innebörd som mer direkt gagnar konsumenten. Patentinnehavaren kan bestämma på vilka villkor, utöver ekonomiska som, uppfinningen får tillämpas. Man har all anledning att utgå ifrån att vederbörande är angelägen om att uppfinningen inte förfuskas, vilket gagnar marknaden.

I TEEG-tekniken med IG-grunden har vi därför funnit det angeläget att patentskydda alla nya konstruktioner och idéer så att tillämpningen i praktiken skall kunna ske under kontrollerade former. IG-grunder får därför endast uppföras av licensierade personer och företag som erhållit nödvändig utbildning. Utbildningen grundar sig dels på våra egna erfarenheter men även genom ett planerat utbyte mellan olika licenstagare och högskolor som deltar i den vidare utvecklingen av TEEG-konceptet.

## Referenser

Boverket. Nybyggnadsregler NR1. BFS 1988:18

Magnusson, L. & Qvist, L. Inomhusklimat för människan. Liber 1989.  
ISBN 91-40-80110-1

Hus & Hälsa. Inneklimat och energihushållning. BFR T4:1990.

Kunskapsbas till Hus och Hälsa. U4-U10 :1992. Boverket, Byggforskningsrådet.

Byggsektorn 1990, Behov av forskning och utveckling under 80-talet.  
BFR G13:1982

## Bilaga 1. Mätresultat

Provning av byggnadens lufttätethet enligt SS 02 15 51, utgåva 2

Objekt: Sjöhaga, Charlottenberg, Märsta, Hus ovanför varmgrund

Mätdatum: 93-03-24

Byggnadens omslutningsyta: 201 m<sup>2</sup>

### Provningsbetingelser

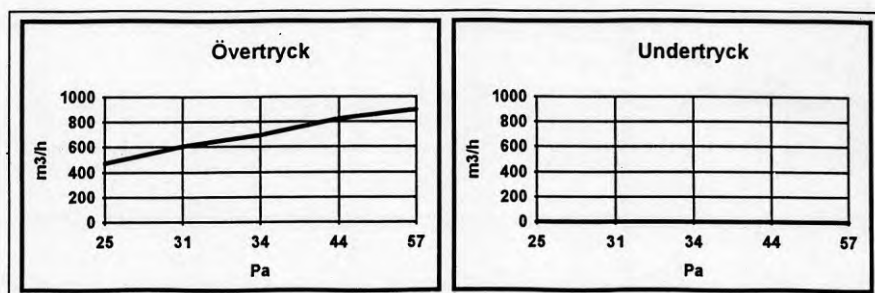
Lufttemperatur ute: -2,1 °C

Lufttemperatur inne: 17,3 °C

Vindhastighet: 0-1 m/s

Använd utrustning: Lifa 80 och 3080							
Övertryck					Undertryck		
ΔP Klimatskärm Pa	Mätrör Pa				Mätrör Pa		
		Avläst m <sup>3</sup> /h	Temperatur -korrektion	m <sup>3</sup> /h		Avläst m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
25	30	453	1,04	472	0	0	0
31	51	581	1,04	604	0	0	0
34	69	668	1,04	695	0	0	0
44	100	795	1,04	826	0	0	0
57	120	865	1,04	900	0	0	0
-	-	-	1,04	-	0	0	0

Temperaturkorrektion görs ej vid undertryck då mätröret är kalibrerat vid +20° C



Luftflöde (medelvärde) vid + 50 Pa (interpolerat): 853 m<sup>3</sup>/h  
 Lufttätethet vid + 50 Pa (avser huset ovanför varmgrunden): 4,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,h



# Provning av byggnadens lufttätethet enligt SS 02 15 51, utgåva 2

Objekt: Sjöhaga, Charlottenberg, Märsta, Hus ovanför varmgrund  
 Mätdatum: 93-03-24

Byggnadens omslutningsyta: 201 m<sup>2</sup>

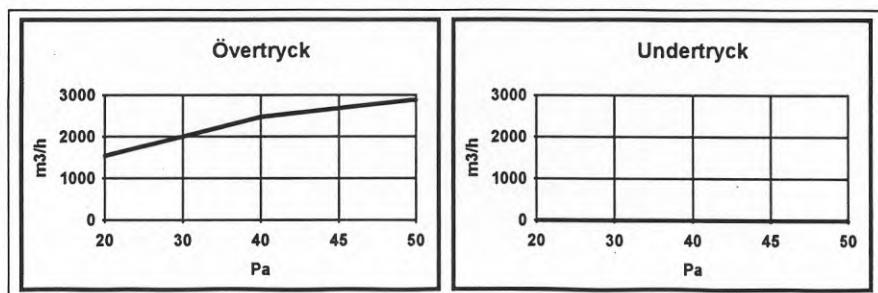
## Provningsbetingelser

Lufttemperatur ute: -2,1 °C  
 Lufttemperatur inne: 17,3 °C  
 Vindhastighet: 0 m/s

Använd utrustning: Lifa 80 och 3080

Övertryck					Undertryck		
ΔP Klimatskärm Pa	Mätrör Pa				Mätrör Pa		
		Avläst m <sup>3</sup> /h	Temperatur -korrektion	m <sup>3</sup> /h		Avläst m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
20	47	1480	1,04	1539	0	0	0
30	83	1918	1,04	1995	0	0	0
40	133	2380	1,04	2475	0	0	0
45	159	2582	1,04	2685	0	0	0
50	186	2774	1,04	2884	0	0	0
-	-	-	1,04	-	0	0	0

Temperaturkorrektion görs ej vid undertryck då mätröret är kalibrerat vid +20° C



Luftflöde vid + 50 Pa: 2884 m<sup>3</sup>/h  
 Lufttätethet vid + 50 Pa (huset inklusive varmgrund): 14,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,h

# Provning av byggnadens lufttätethet enligt SS 02 15 51, utgåva 2

Objekt: Sjöhaga, Charlottenberg, Märsta, Hus ovanför varmgrund  
 Mätdatum: 93-03-24

Byggnadens omslutningsyta exklusive mellanbjälklag: 130 m<sup>2</sup>

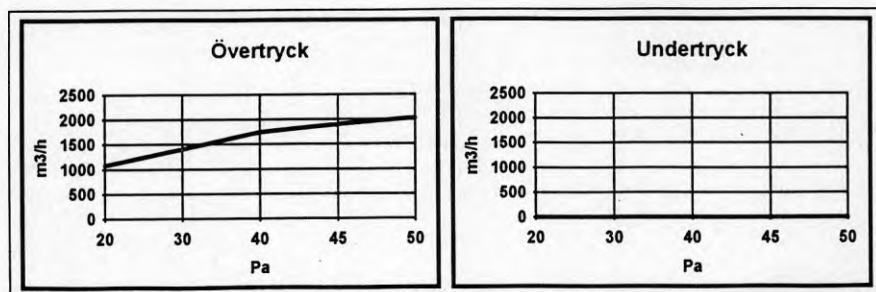
## Provningsbetingelser

Lufttemperatur ute: -2,1 °C  
 Lufttemperatur inne: 17,3 °C  
 Vindhastighet: 0 m/s

Använd utrustning: Lifa 80 och 3080

Övertryck					Undertryck		
ΔP Klimatskärm Pa	Mätrör Pa	Avläst m <sup>3</sup> /h	Temperatur -korrektur m <sup>3</sup> /h		Mätrör Pa	Avläst m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
20	0	1036	1,04	1077	0	0	0
30	0	1348	1,04	1402	0	0	0
40	0	1685	1,04	1752	0	0	0
45	0	1824	1,04	1897	0	0	0
50	0	1953	1,04	2031	0	0	0
-	-	-	1,04	-	0	0	0

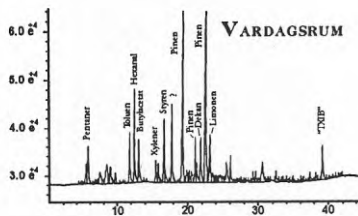
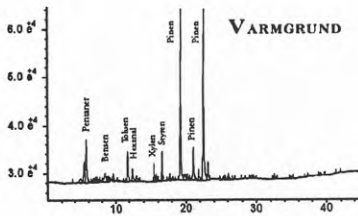
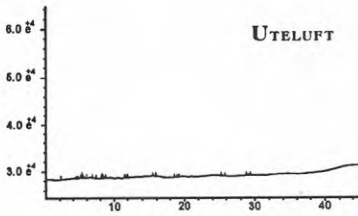
Temperaturkorrektur görs ej vid undertryck då mätröret är kalibrerat vid +20° C



Luftflöde vid + 50 Pa (i varmgrunden):  
 Varmgrundens lufttätethet vid + 50 Pa:

2031 m<sup>3</sup>/h  
 15,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,h

# **GASKROMATOGRAM** från analys av tenaxrör:



Varje topp i ovanstående gaskromatogram motsvarar ett (eller ibland flera) organiskt/a ämne/n i den provtagna luften. Toppens storlek (area) står i relation till mängden av det påvisade ämnet. Med den uppgivna provtagningsvolymen kan halten beräknas

## **Bilaga 2. Citat från Byggforskningsrådet**

### **Utveckling av installationssystem**

"Installationskostnaderna utgör en betydligt större andel av ombyggnadskostnaderna än av nybyggnadskostnaderna. Kostnader för håltagning och utrivning av gamla installationer är betydande. Det är därför viktigt att utveckla installationssystem, som lämpar sig för montering i befintliga byggnader och som dessutom är enkla och billiga att reparera och byta ut i framtiden."

### **Förbättrat klimatskal**

"Avvikelserna från tidigare dimensioneringsprinciper blir mycket stora. Därför behövs forskning och utveckling för att få fram nya tak-, väggar-, och bjälklagssystem, som beaktar alla krav på den färdiga byggprocessen."

### **Behovsstyrda uppvärmnings- och ventilationssystem**

"För framtida nybebyggelse med mycket tätt och välisolerat klimatskal borde luftburna system komma att bli intressanta. Värmebehovet är litet och lufttäteten gör mekanisk ventilation nödvändig."

### **Systemlösningar**

"Med de utvecklingslinjer rörande klimatskal och ventilations- och uppvärmningssystem som behandlas här finns det möjligheter att utveckla byggsystem där konstruktioner och VVS-tekniken är integrerade. Bland annat bör ventilation- och uppvärmningskanaler i väggar och bjälklag vidareutvecklas."

### **Ny och småskalig VA-teknik**

"Förtätningsproblematiken - särskilt successiv permanentning av gamla sommarstugeområden - och fritidsområdenas vatten- och avloppsförsörjning har ökat intresset för småskaliga VA-system. Osäkerheten om hur dessa kan användas är idag stor hos kommunernas hälsovårdsnämnder och på länsstyrelserna."

### **Byggsektorn och utrikeshandeln**

"Den svenska byggsektorns beroende av utlandet bör ägnas särskild uppmärksamhet. Såväl import som export av byggmaterial och konsulttjänster bör studeras. Det kvantitativt största området är byggmaterial, där både exporten och importen är betydande. Den svenska byggsektorns beroende av utländska byggkonjunkturer bör studeras. Den aktuella situationen med kraftigt vikande byggmarknader i västvärlden medför stora problem för byggmaterialindustrin. Dels minskar möjligheterna till export och dels ökar importtrycket på Sverige. Dessa förhållanden är otillräckligt kända och belysta genom löpande forsknings- och kartläggningsinsatser."

### **Svensk byggsektor i internationellt perspektiv**

"Byggsektorn måste planera för fortsatt ökad export men står samtidigt även inför stora uppgifter på hemmamarknaden. omfattande forsknings- och utvecklingsinsatser kan även öka vår internationella konkurrensförmåga och minska vårt importberoende."

### **Forskning och utveckling i byggsektorn de närmaste tio åren**

"En bred satsning på forskning och utveckling är nödvändig om byggsektorn skall lösa 80-talets uppgifter i Sverige och dessutom hålla sin internationella konkurrenskraft. Rådet ser mycket allvarligt på dagens låga prioritering av forskning och utveckling inom sektorn. Det behövs mycket kraftfulla insatser från företag och branschorgan. Rådet bedömer att en flerdubbling av den genomsnittliga företagsfinansierade forskningen är nödvändig. Även den finansierade forskningen behöver ökas kraftigt."

### **Experiment**

"På senare år har byggforskningsrådet haft möjlighet att studera nya lösningar och använda ny kunskap i fullskaleförsök. Det har visat sig angeläget att få till stånd sådana försöksanläggningar. Utan prövning i praktisk tillämpning är det svårt för företag och kommuner att i dagens ekonomiska läge, våga ta risken att använda ny kunskap. experimentbyggande är därför en strategisk del av forsknings- och utvecklingsverksamheten, som syftar till att snabbt nå ut i praktisk tillämpning. Rådet bedömer att experimentbyggnadsverksamheten bör ges en ännu större roll i framtiden."

### **Byggsektorns FoU- verksamhet måste ökas kraftigt under 80-talet**

"Av tidigare avsnitt framgår att det behövs en omfattande ny kunskap för att lösa 80- och 90- talets uppgifter inom byggsektorn. Utan tillräckliga satsningar på FoU riskerar byggverksamheten att minska på hemmamarknaden eller hållas uppe genom en ökad import. Exporten kan avstanna eller minska i omfattning.

Mot bakgrund av vad som tidigare, har framhållits i denna rapport anser rådet att det finns starka skäl att satsa på en snabb utveckling av FoU-verksamheten inom svensk byggsektor. Sektorns centrala roll för svensk ekonomi och sysselsättning för att en ökad import och minskad export skulle få allvarliga följder. Den låga satsningen på FoU inom byggsektorn är därför oroande.

Med den inriktning av forsknings- och utvecklingsverksamheten som har redovisats i denna rapport kan sektorn komma att få en mycket gynnsam utveckling under förutsättning att verksamheten är tillräckligt omfattande."

### **Sammanfattande bedömning**

"Mot bakgrund av de resonemang som har förts ovan borde 4-4,5 miljarder kronor minst avsättas för forskning och utveckling inom bygg-



sektorn i Sverige. en högre satsning skulle vara önskvärd. Med tanke på de för närvarande låga satsningarna är det givetvis inte möjligt att omedelbart komma upp i sådana nivåer. Avgörande för vilken ökningstakt som skulle väljas och i vilken utsträckning statsmakterna bör bidra med medel, är tillgången på framförallt personella resurser och utbildningskapacitet."

**Personella resurser och utbildningskapacitet.**

"Universiteten och högskolorna har god kompetens och kan med resurser från näringslivet, kommuner och anslagsgivande myndigheter bygga ut sin forskarstab. Rådet har under de gångna fem åren av kraftigt ökad energi-FoU funnit att en samordnad kraftsamling från statsmakterna och näringsliv gjort det möjligt att dra högt kvalificerade människor och institutioner till verksamheten. Det tycks som om själva kraftsamlingen kring ett område och tron på framtiden i denna har betydelse därvidlag.

Rådet vill samtidigt understryka riskerna med den pågående neddragningen av resurserna till universitet och högskolor såväl vad gäller forskning som utbildning. Inom prioriterade samhällssektorer kan detta få allvarliga följder."





# ... väljer Du för

## 1. FÖR KOMFORTENS SKULL

Du får varma golv *utan* ledningar i golvet.  
Du får varm luft som hindrar drag från fönstret.  
Du får all luft utbytt enligt normerna.  
Du får flyttbara elledningar.

## 2. FÖR HÄLSANS SKULL

Du får luften renad i 3 steg. I det sista steget 5 ggr effektivare än i det traditionella värmeväxlarfiltret.  
Du får ett säkert radonskydd genom dels radonduk (i plast) och dels övertryck i grunden

## 3. FÖR SKÖTSELNS SKULL

Du behöver inte krypa på en kall (eller bastuvarm) vind för att göra rent ett svåråtkomligt rörsystem, vilket skall ske enligt lag (1992-07-01). Du kan istället rengöra med hjälp av handduschen i våtutrymmena.

Du behöver inte vara hemma själv för att en serviceman eller reparatör skall kunna utföra vanliga service/reparationsarbeten (om Du valt separat entré till serviceutrymmet).

Du behöver inte leva i ovisshet om eventuella fel då alla ledningar är synliga och åtkomliga i den uppvärmda grunden.

## 4. FÖR DRIFTSKOSTNADERNAS SKULL

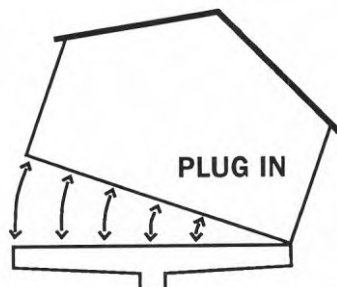
Du betalar mindre för ditt både bättre och billigare hus.  
Du betalar därför lägre ränta.  
Du kan få lägre försäkringspremier som följd av att vattenläckage ej ger upphov till sedvanliga skadeverkningar.  
Du betalar mindre för uppvärmning.

## 5. FÖR FRAMTIDENS SKULL

Du betalar mindre för reparation och service (sker i rumsvärme)  
Du betalar mindre för framtida utbyggnad.  
Du betalar mindre för framtida utbyten av olika aggregat (sker i rumsvärme).  
Du kan installera olika framtidsprodukter lättare i en installationsgrund.

**TEEG-tekniken**  
**leder till mer**

**klara entrepre-  
nörsgärser**



**R20:1994**

ISBN 91-540-5648-9

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 68140020

Abonnemangsgrupp:

W. Installationer

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna

Cirkapris: 87 kr inkl moms